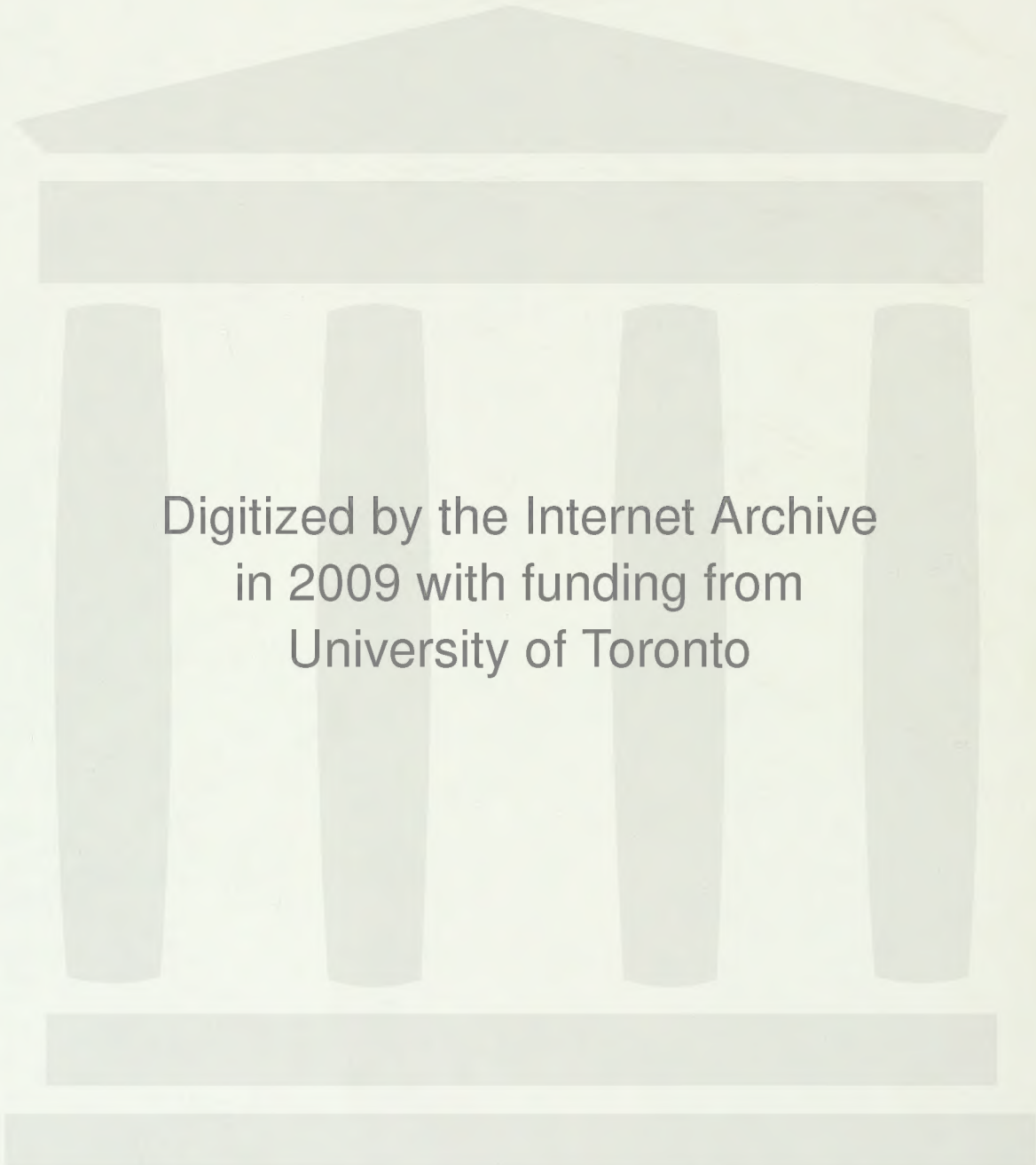


Digitized by the Internet Archive
in 2009 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/verhandelingen20akad

VERHANDELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

TWINTIGSTE DEEL.

MET PLATEN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1880.

Q
57
A49
dl 20

610292
4.7.55

GEDRUKT BIJ DE ROEVER - KRÖBER - BAKELS.

INHOUD

VAN HET

TWINTIGSTE DEEL.

D. J. KORTEWEG, ALGEMEENE THEORIE DER PONDEROMOTORISCHE KRACHTEN, GEVOLGD DOOR EENIGE OPMERKINGEN NAAR AANLEIDING VAN DE ALGEMEENE THEORIE DER PONDEROMOTORISCHE KRACHTEN VAN DR. D. J. KORTEWEG, DOOR J. D. VAN DER WAALS.

DR. VAN RYCKEVORSEL, VERSLAG AAN ZIJNE EXCELLENTIE DEN MINISTER VAN KOLONIËN, OVER EENE MAGNETISCHE OPNEMING VAN DEN INDISCHEN ARCHIPEL, GEDAAN IN DE JAREN 1874—1877. (*Met kaart*).

A. A. W. HUBRECHT, ZUR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES NERVENSYSTEMS DER NEMERTINEN (*Mit vier Tafeln*).

DR. VAN RYCKEVORSEL, VERSLAG AAN ZIJNE EXCELLENTIE DEN MINISTER VAN KOLONIËN, OVER EENE MAGNETISCHE OPNEMING VAN DEN INDISCHEN ARCHIPEL, GEDAAN IN DE JAREN 1874—1877.

TH. H. BEHRENS, BEITRAGE ZUR PETROGRAPHIE DES INDISCHEN ARCHIPELS (*Mit 2 Tafeln*).

J. D. VAN DER WAALS, ONDERZOEKINGEN OMTRENT DE OVEREENSTEMMENDE EIGENSCHAPPEN DER NORMALE VERZADIGDEN-DAMP- EN VLOEISTOFLIJNEN VOOR DE VERSCHILLENDE STOFFEN EN OMTRENT EEN WIJZIGING IN DEN VORM DIER LIJNEN BIJ MENGSELS.

——— OVER DE COËFFICIËNTEN VAN UITZETTING EN VAN SAMENDRUKKING IN OVEREENSTEMMENDE TOESTANDEN DER VERSCHILLENDE VLOEISTOFFEN.

NAAM-REGISTER

OP DE

VERHANDELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

DEEL I—XX.

Badon Ghyben (J.), III. VII.
Baehr (G. F. W.), V.
Baumhauer (E. H. von), IX.
Behrens (T. H.), XX.
Bierens de Haan (D.), II. IV. V. VII. VIII. X. XII. XV. XVIII.
Bleeker (P.), I. II. XII. XIII. XIV. XV. XVI. XVII. XVIII. XIX.
Boon Mesch (A. H. van der), I.
Bosch (R. B. van den), IX.
Bosquet (J.), VII.
Buijs Ballot (C. H. D.), IX.
Campen (F. A. W. van), VII.
Delprat (J. P.), III.
Dozy (F.), II.
Halbertsma (H. J.), II. III.
Harting (P.), VI. IX. X. XI. XIII. XIV. XV.
Heynsius (A.), XVII.
Hoeven (J. van der), III. VII.
Hoffmann (C. K.), XIX.
Hubrecht (A. A. W.), XX.
Kaiser (F.), VI.
Korteweg (D. J.), XX.
Leupe (P. A.), XII.
Lobatto (R.), I. X.
Lorentz (H. A.), XVIII.
Millies (H. C.), XI.
Miquel (F. A. G.), XI.
Mulder (G. J.), I.
Oudemans Jr. (A. C.), XIV. XVI.

Oudemans (C. A. J. A.), IX. XI.
Oudemans (J. A. C.), II. III.
Rauwenhoff (N. W. P.), X.
Rees (R. van), I.
Rijckevorsel (van), XIX. XX.
Rijk (J. C.), I.
Sande Lacoste (C. M. van der), V. XIII.
Schols (Ch. M.), XV.
Schroeder van der Kolk (J. L. C.) II. VI. IX.
Seelheim (F.), XIX.
Stamkart (F. J.), I. III. VII.
Tideman (B. J.), XVI.
Treub (M.), XIX.
Verdam (G. J.), X.
Vrolik (G.), I.
Vrolik (W.), I. V. VII.
Waals (J. D. van der), XX.
Willigen (V. S. M. van der), XI.

ZAAK-REGISTER

OP DE

VERHANDELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN.

Afdeeling NATUURKUNDE.

DEEL I—XX.

D'ALEMBERT (Bijdrage tot de toepassing van het beginsel van), overeenkomstig de rekenwijze van Lagrange. X.

ALKOHOL (Verhandeling over de digtheid, de uitzetting, het kookpunt en de spanning van den damp van) en van mengsels van alkohol en water. IX.

ALLANTOÏS (Over de) en hare vorming en veranderingen in den mensch. IX.

BANDA-ZEE (Bijdrage tot de kennis der mikroskopische fauna en flora van de), naar aanleiding van eenige door diepzeeloodingen van 990 tot 4000 vademen uit die zee opgebragte gronden. X.

CELLULES VÉGETALES (Quelques recherches sur le rôle du noyau dans la division des). XIX.

CÉPHALOPODES gigantesques (Description de quelques fragments de deux). IX.

CHÉTODONTOÏDES (Révision des espèces insulindiennes de la famille des). XVII.

CIRRHITÉOÏDES Sur les espèces insulindiennes de la famille des). XV.

COËFFICIËNTEN van uitzetting en van samendrukking (Over de) in overeenstemmende toestanden der verschillende vlocistoffen. XX.

COMÈTE PÉRIODIQUE, découverte par M. d'Arrest le 27 Juin 1851 (Mémoire sur l'orbite de la). II.

CUPULIFERAS NONNULLAS JAVANICAS (Annotationes criticae in). XI.

CYPRINOÏDES de Chine (Mémoire sur les). XII.

DAMP- EN VLOEISTOFLIJNEN (Onderzoekingen omtrent de overeenstemmende eigenschappen der normale verzadigden-) voor de verschillende stoffen en omtrent een wijziging in den vorm dier lijnen bij mengsels. XX.

DENDROLAGUS INUSTUS (Ontleedkundige nasporingen omtrent). V.

DENTEX, SYNAGRIS, GYMNOCRANIUS, GNATHODENTEX ET PENTAPUS (Révision des espèces de). XIII.

DIAMANT REMARQUABLE (Description d'un), contenant des cristaux. VI.

DIFFERENTIAALVERGELIJKINGEN (Iets over zamenstelling van) uit eene aangenomen integraalvergelijking. XVIII.

DODO (Didus ineptus L.) (Over eene nieuw ontdekte afbeelding van den). XI.

DRACAENA DRACO L. (Bijdrage tot de kennis van). X.

EIERALBUMINE. (Zie Serum-albumine).

EPINEPHELINI (Révision des espèces indo-archipélagiques du groupe des) et de quelques genres voisins. IV.

ÉQUATIONS LINÉAIRES (Mémoire sur l'intégration des) du premier ordre aux différentielles partielles, à quatre variables. I.

FAUNA van Japan (Bijdrage tot de kennis der ichthyologische). I.

FAUNE ICHTHYOLOGIQUE de l'île Maurice (Contribution à la). XVIII.

FORMATIONS CALCAIRES ORGANIQUES (Recherches de morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques). XIII.

FOUTEN (Over de theorie der) in de ruimte en in het platte vlak. XV.

FULGURITES (Notice sur un cas de formation de) et sur la présence d'autres fulgurites dans le sol de la Néerlande. XIV.

FUNCTIËN (Over eenige gevallen bij de theorie van onstadige), waar men te onderscheiden heeft, of het oneindige van een' even' of oneven', een geheele of gebroken vorm zij. VII.

GRONDBORINGEN in Zeeland (De). XIX.

HEPATICARUM JAVANICARUM (Synopsis), adjectis quibusdam speciebus hepaticarum novis extrajavanicis. V.

HERMAPHRODITISMUS SPURIUS FEMININUS (Over). III.

HOOFDASSEN der ligchamen (Onderzoek hoe de rigtingen van de), en de waarden hunner momenten van traagheid ten opzigte van die assen, in verband staan met het als oorsprong gekozen punt. III.

HORENPITTEN bij Antilopen (Over het verschil van de inwendige gesteldheid der). I.

HYMENOPHYLLACEAE JAVANICAE, sive descriptio hymenophyllacearum archipelagi indici, iconibus illustrata. IX.

ICTICYON van Lund (Cynalicus Gray) (Over het geslacht). III.

INTEGRALEN (Over eenige nieuwe herleidingsformulen bij de theorie van bepaalde). XII.

INTEGRALEN (Over het differentieeren van eenige elliptische) naar den modulus, of eene functie daarvan. XVIII.

INTÉGRALES DÉFINIES (Note sur une méthode pour la réduction d') et sur son application à quelques formules spéciales. II.

INTÉGRALES DÉFINIES (Tables d'). IV.

INTÉGRALES DÉFINIES (Supplément aux Tables d'). X.

INTÉGRALES DÉFINIES (Exposé de la théorie, des propriétés, des formules de transformation, et des méthodes d'évaluation des). VIII.

INTÉGRALES DÉFINIES générales (Réduction des) $\int_0^\infty (F)x\frac{Cos.px\,dx}{q^2+x^2}, \int_0^\infty F(x)\frac{Sin.px\,dx}{q^2+x^2}$, et application de ces formules au cas, que F(x) a un facteur de la forme $Sin.^a x$ ou $Cos.^a x$. V.

INTENSITEITS-KOMPAS (Theorie van het) en van zijn gebruik op ijzeren en houten schepen. VII.

KINA-ALKALOÏDEN (Over het soortelijk draaiingsvermogen der voornaamste) in vrijen en gebonden toestand. XVI.

KOMPAS (Over de afwijkingen van het), voortgebragt door de aantrekking van het scheepsijzer. III.

KRACHTLIJNEN van Faraday (Over de theorie der magnetische). I.

LIGCHAAM (Over de draaijende beweging van een) om een vast punt, en de beweging der aarde om haar zwaartepunt. V.

LOGARITHMENTAFELS (Tweede ontwerp eener naamlijst van), met opgave van den tijd, de plaats en de grootte, alsmede van het aantal decimalen, alles zoo verre bekend. XV.

LUTJANUS ET APRION (Révision des espèces indo-archipélagiques des genres). XIII.

MAGNETISCHE OPNEMING (Verslag aan Zijne Excellentie den Minister van Koloniën, over eene) van den Indischen Archipel, in de jaren 1874—1879 gedaan. 1ste ged. XIX. 2de ged. XX. 3de ged. XX.

MIKROMETER van Airy (Eerste onderzoekingen met den), volbragt op het Observatorium der Hoogeschool te Leiden. VI.

MULLOÏDES (Révision des espèces insulindiennes de la famille des). XV.

MUSCORUM archipelagi indici (Species novae vel ineditae). XIII.

NAUTILUS POMPILIUS L. (Bijdragen tot de ontleedkundige kennis aangaande), vooral met betrekking tot het mannelijke dier. III.

NEMERTINEN (Zur Anatomie und Physiologie des Nervensystems der). XX.

ORCHIDEEN (Ueber den Sitz der Oberhaut bei den Luftwurzeln der). IX.

ORCHIDÉES (Notes sur l'embryogénie de quelques). XIX.

ORTHRAGORISCUS OZODURA (Notices zoölogiques, anatomiques et histiologiques, sur l'); suivies de considérations sur l'ostéogénèse des téléostiens en général. XI.

PALÉONTOLOGIQUES (Recherches) sur le terrain tertiaire du Limbourg Néerlandais. VII.

PALMIS archipelagi indici observationes novae (De). XI.

PETROGRAPHIE des Indischen Archipels (Beiträge zur). XX.

PLATYCEPHALUS (Révision des espèces insulindiennes du genre). XIX.

PODOCARPINEZUUR (Onderzoekingen over het). XIV.

POISSONS de Chine (Sur quelques espèces inédites ou peu connues de) appartenant au Muséum de Hambourg. XVIII.

POISSONS (Énumération des espèces de) actuellement connues du Japon et description de trois espèces inédites. XVIII.

POISSONS (Mémoire sur les) a pharyngiens labyrinthiformes de l'inde archipélagique. XIX.

PONDEROMOTORISCHE KRACHTEN (Algemeene theorie der). XX.

PONDEROMOTORISCHE KRACHTEN (Ee-

nige opmerkingen naar aanleiding van de algemeene theorie der). XX.

POTTO VAN BOSMAN (Ontleedkundig onderzoek van den) door F. A. W. van Campen, Med. Cand., uit zijne nagelaten aanteekeningen bijeengebragt. VII.

PROBLEMA (Oplossing van een stelkunstig), betrekking hebbende tot het vinden van den grootsten last, die door eenige steunpunten kan gedragen worden. VII.

PSEUDOCHROMIDOÏDES (Sur la famille des) et révision de ses espèces insulindiennes. XV.

RENTES VIAGÈRES (Mémoire sur une méthode d'approximation pour le calcul des). X.

RUGGEMERG (Anatomisch-physiologisch onderzoek over het fijnere zamenstel en de werking van het). II.

RUGGEMERG (Over het fijnere zamenstel en de werking van het verlengde) en over de naaste oorzaak van epilepsie en hare rationele behandeling VI.

RUMPHIUS (Georgius Everardus), Ambonsch natuurkundige der zeventiende eeuw. XII.

SCHEDEL. Zie Tête.

SCHEDEL (Beschrijving en afbeelding van eenen te Pompeji opgegraven menschelijken). VII.

SCHEDELVORM (Beschrijving van gebrekkigen hersen- en). I.

SCHEEPSMODEL. Zie Water.

SCHOUDERGORDEL (Bijdrage tot de kennis der morphologie van den) en het borstbeen bij reptiliën, vogels, zoogdieren en den mensch. XIX.

SCORPÉNOÏDES (Mémoire sur les espèces insulindiennes de la famille des). XVI.

SCIÉNOÏDES ET LES SILLAGINOÏDES (Mémoire sur les) de l'Inde archipélagique. XIV.

SERUM- EN EIERALBUMINE (Over) en hare verbindingen. XVII.

SILLAGINOÏDES. Zie Sciénoïdes.

SPHAGNA (Bijdrage tot de anatomie en phytographie der). II.

STERNE (Zweijaerige Beobachtungen der meisten jetzt bekannten veränderlichen). III.

TANDEN (Bijdrage tot de ziektekundige ontleedkunde der). II.

TÊTE NÉERLANDAISE MASCULINE (Le plan médian de la), déterminé d'après une méthode nouvelle. XV.

THERMOMÈTRE ET DU BAROMÈTRE (Sur la marche annuelle du) en Neêrlande et en divers lieux de l'Europe, déduite d'observations simultanées de 1849 à 1859. IX.

VISSCHEN van Van Diemensland (Over eenige). II.

VOORTPLANTINGSSNELHEID (Over het verband tusschen de) van het licht en de dichtheid en samenstelling der middenstoffen. XVIII.

WATER (Verslag van proeven, genomen met een enkel scheepsmodel, ten doel hebbende eenige gegevens te verkrijgen omtrent den wederstand van het) tegen de beweging van een schip. XVI.

WATER in rivieren (Over de betrekking tusschen de gemiddelde snelheid van het) en de werkelijke snelheid. III.

WATERHOOGTE (Over het berekenen der gemiddelde) en der watergetijden. I.

ZELFONTBRANDING van stoffen in schepen geladen (Over de oorzaken der). I.

ZWAVELZUUR en water (De coëfficiënten van breking voor mengsels van). XI.

ALGEMEENE THEORIE

DER

PONDEROMOTORISCHE KRACHTEN.

DOOR

D. J. KORTEWEG.

INLEIDING.

1. De electrodynamische theorie van AMPÈRE * heeft aan verschillende aanvallen blootgestaan. Deze betroffen *òf* de juistheid der experimenten, *òf* de gegrondheid der hypothesen. WILHELM WEBER heeft in zijne *Electrodynamische Maaszbestimmungen* † het onvoldoende der experimenten van AMPÈRE betoogd, maar tevens door nieuwe experimenten bewezen dat de ponderomotorische krachtwerkingen tusschen gesloten lineaire stroomen inderdaad zoodanig zijn als de theorie van AMPÈRE ze aangeeft. Daarentegen mocht men terecht nog langen tijd blijven twijfelen aan de bewijskracht van het bekende experiment van AMPÈRE waaruit moest worden afgeleid dat de resultante van de krachten door een gesloten stroom uitgeoefend op een stroomelement loodrecht staat op dit element. Vooreerst echter bewees C. NEUMANN § dat de wet door AMPÈRE voor de ponderomotorische werking tusschen twee stroomelementen gevonden, indien men eenmaal de hypothesen van AMPÈRE aannam, ook kon worden afgeleid uit de krachtwerkingen van gesloten stroomen op elkander, zoodat het betwijfelde

* *Mémoires de l'académie des sciences de l'institut de France*, 1823, pag. 175.

† *Abhandlungen der kön. Sächs. Ges. der Wissenschaften*, Bd. I. 1852.

§ *Math. Annalen*, (von CLEBSCH und NEUMANN), Bd. XI. pag. 309. 1877.

feit als bewijsmiddel in het stelsel van AMPÈRE eigenlijk overbodig werd. Verder heeft onlangs v. ETTINGHAUSEN * met inachtneming van alle voorzorgen de proeven van AMPÈRE herhaald en daarmede waarschijnlijk experimenteel afdoende aangetoond dat de resultante van de krachten door een gesloten stroom op een stroomelement uitgeoefend, loodrecht staat op dit element.

2. De hypothesen die men thans nog te hulp moet roepen om tot eene bewijsvoering van de wet van AMPÈRE te geraken, zijn door C. NEUMANN † ongeveer als volgt samengevat:

EERSTE HYPOTHESE. *De ponderomotorische krachten tusschen twee stroomelementen zijn evenredig met de lengte der elementen en de stroomsterkte.* Zij worden dus tegengesteld zoodra in *één* der beide elementen de stroomrichting omkeert en blijven onveranderd als dit in beide elementen geschiedt.

TWEEDE HYPOTHESE. *Behalve van de lengte der elementen en de stroomsterkte zijn deze krachten uitsluitend afhankelijk van de ligging der beide elementen ten opzichte van elkander*, zoodat derhalve tusschen de spiegelbeelden der elementen de spiegelbeelden der krachten werkzaam zijn.

DERDE HYPOTHESE. *Men mag de krachtwerkingen tusschen twee elementen vervangen door die tusschen hunne zoogenaamde componenten.*

VIERDE HYPOTHESE. *Er bestaan tusschen twee stroomelementen geene ponderomotorische krachten buiten de verbindingslijn en geene richtende koppels.*

3. Voor zoover mij bekend is bestaat er geene electrodynamische theorie waarin niet de drie eerste hypothesen uitdrukkelijk of stilzwijgend worden aangenomen. Tevens voeren alle theoriën voor gesloten stroomen tot dezelfde krachtwerkingen die het bondigst worden uitgedrukt door de potentiaalformule van F. NEUMANN, de vader. Daarentegen werd de vierde hypothese herhaaldelijk door andere hypothesen vervangen. Eerst door GRASZMANN §, later door HELMHOLTZ **. De hypothese van GRASZMANN luidt: *alle ponderomotorische krachten staan loodrecht op de elementen waarop ze werkzaam zijn.* Die van HELMHOLTZ: *Twee stroomelementen oefenen op elkaar krachtwerkingen uit* (krachten en richtende koppels) *die een potentiaal bezitten.*

Elk van deze beide hypothesen geven even als de vierde van AMPÈRE aanleiding tot eene electrodynamische theorie. Deze theoriën stemmen overeen, wat de resultaten betreft, voor gesloten, maar verschillen voor open stroomen. Ieder

---

* *Wien. Ber.* pag. 109, 1878.

† *Math. Annalen*, Bd. XI. pag. 313

§ POGG., *Ann.* Bd. 64. pag, 1. 1845.

** CRELLE, *Journal*, Bd. 72. 1870

der drie vindt ook thans nog aanhangers. C. NEUMANN * bijv. verdedigt in 1877 de wetten van AMPÈRE; CLAUSIUS †) stelt in datzelfde jaar eene algemeene electrodynamische wet op die voor de ponderomotorische krachten tusschen lineaire stroomelementen tot de wet van GRASZMANN voert §; ook HELMHOLTZ ** houdt zijne potentiaaltheorie staande. Daarom zal het nut eener meer algemeene theorie, waarbij de vierde hypothese van AMPÈRE verworpen maar geene nieuwe hypothese wordt ingevoerd, bezwaarlijk kunnen worden ontkend. Dat zij functiën zal moeten bevatten die uit de experimenteele kennis van heden niet nader te bepalen zijn, spreekt van zelve. Zij zal de drie theoriën van AMPÈRE, GRASZMANN en HELMHOLTZ als bijzondere gevallen in zich sluiten en hunne onderlinge verhouding het best in het licht stellen. Het eenige bezwaar tegen het opstellen zulk eener theorie zoude kunnen zijn de mathematische uitvoerbaarheid. De ongegrondheid van dit bezwaar zal echter blijken.

4. De eerste proef eene meer algemeene theorie op te stellen, welke echter slechts de theoriën van AMPÈRE en GRASZMANN in zich bevatten moest, is van STEFAN ††. Daarbij wordt geen acht geslagen op richtende koppels wier mogelijkheid niet kan worden ontkend en die in de potentiaaltheorie opgenomen zijn. Tevens wordt de nieuwe hypothese ingevoerd dat alle krachten omgekeerd evenredig veranderen met het vierkant van den afstand. Deze hypothese beperkt onnoodig de algemeenheid van de theorie van STEFAN al is ze ook voor het door hem beoogde doel — een brug te slaan tusschen de theoriën van AMPÈRE en GRASZMANN — onschadelijk. Dat zij bewezen zou zijn of zou kunnen worden door experimenten met gesloten stroomen §§ is onjuist. Het zoogenaamde

* *Math. Ann.* Bd. XI. pag. 309.

† CRELLE, *Journal*, Bd. 82. pag. 85.

§ POGG., *Ann.* Bd. 161, pag. 160.

** In de woorden van HELMHOLTZ (POGG. *Ann.* 1876, Bd. 158, pag. 87) lees ik geene intrekking zijner potentiaaltheorie, wel eene erkenning (pag. 95) tegen zijne vroegere meening (*Journal* v. CRELLE, Bd. 78, 1874, pag. 281) in dat de convectie van electriciteit als een electrische stroom moet worden in rekening gebracht en voorts (pag. 102) dat op de dielectrische polarisatie behoort te worden gelet. Wij zullen dan ook zien dat — behoorlijk geformuleerd — de potentiaaltheorie met alle tot heden bekende ponderomotorische wetten vereenigbaar is. Men zie over dit onderwerp ook de *Monatsberichte der Ak. zu Berlin* 1876, p. 211—216, vertaald in het *Phil. Mag.* Vol. II. Serie 5, 1876, September, pag. 233. Uit de daar vermelde proeven zoude blijken dat de convectie van electriciteit geheel als een electrische stroom moet worden in rekening gebracht.

†† *Wien. Ber.* Bd. 59, pag. 693, 1869.

§§ *Wien. Ber.* Bd. 59, pag. 708.

bewijs door AMPÈRE medegedeeld *, en door STEFAN waarschijnlijk bedoeld, vervalt als men bedenkt dat er tusschen de stroomelementen krachten bestaan kunnen wier resultante verdwijnt zoodra een der stroomen gesloten wordt, of ook zoodra beide gesloten worden.

5. Ook MAXWELL † heeft eene algemeene theorie gegeven, omvattende die van GRASZMANN en AMPÈRE, zonder dat daarbij de hypothese van STEFAN is ingevoerd. Behalve echter dat door eene verwarring van teekens de formules foutief zijn — wat gemakkelijk te herstellen ware — worden ook hier geene richtende koppels in de theorie opgenomen.

Eindelijk komt het mij voor dat HELMHOLTZ § bij het opstellen zijner potentiaaltheorie aanvankelijk gemeend heeft eene algemeene theorie te geven.

„*Bei diesem Widerstreit der Theoriën schien es mir rathsam möglichst wenig den Boden der Thatsachen zu verlaszen und in der Theorie unbestimmt zu laszen, was bisher nicht als durch Versuchen entschieden angesehen werden konnte.*"

Hij heeft dan, natuurlijk ten onrechte, in zijne eerste verhandeling het bestaan eener potentiaal — ook voor stroomelementen — als iets dat aan geen redelijken twijfel onderworpen was, opgevat.

6. Alvorens verder te gaan moeten wij ter vermijding van misverstand eene onderscheiding bespreken die wij gemakshalve zullen inkleeden in de uitdrukkingswijze der dualistische electriciteitstheorie, tevens aannemende dat de som der absolute hoeveelheid positieve en negatieve electriciteit constant is en dus een stroom steeds bestaat uit twee gelijke en tegengestelde stroomingen van positieve en negatieve electriciteit.

Men stelle zich voor de stroomeinden van een lineaire open stroom. Aan ieder stroomeind stroomt een zekere hoeveelheid electriciteit van de eene soort toe, terwijl een even groote hoeveelheid electriciteit van de andere soort van dit stroomeind afstroomt naar het andere stroomeind toe. Men kan zich nu voorstellen :

1°. dat de electriciteit van de eene soort in het stroomeind inderdaad in rust komt en de electriciteit van de andere soort zich aldaar in beweging zet;

2°. dat integendeel de electriciteit van de eene soort het stroomeind verlatende

---

* *Mémoires de l'institut*, T. 6. pag. 374. 1823.

† *Treatise on electricity and magnetism*, MACMILLAN, London, Tome II, pag. 159, 1873.

§ CRELLE, *Journal*, Bd. 72, pag. 57. HELMHOLTZ stelt dan ook in dat opstel de verhouding van zijne potentiaaltheorie tot die van WEBER verkeerd voor. Het is *niet* waar dat voor eene bepaalde waarde van k zijne theorie wat de resultaten betreft, in die van WEBER overgaat.

voortstroomt en die van de andere zich daar niet in beweging zet, maar van elders wordt aangevoerd. In dit geval is dus de open stroom meer te beschouwen als een deel van een uitgestrekter open stroom of van een gesloten stroom.

In het eerste geval noemen wij de open stroom *volledig*, in het tweede geval *onvolledig*.

Deze onderscheiding zou, wat de ponderomotorische werking betreft, onnoodig zijn indien het niet als zeer mogelijk moest erkend worden dat plotseling tot rust komende electriciteit als zoodanig ponderomotorische werkingen uitoefent. Dit wordt niet alleen aangenomen in de potentiaaltheorie van HELMHOLTZ; maar evenzeer in de algemeene electrodynamische theoriën van WEBER en CLAUSIUS.

7. Dezelfde onderscheiding passen wij toe op *stroomelementen*. De ponderomotorische werkingen van een *volledig* stroomelement zijn dus gelijk aan die van het overeenkomstige *onvolledige* stroomelement plus de werking der beide stroomeinden. Sluit men onvolledige stroomelementen van gelijke intensiteit aan elkaar dan verkrijgt men een onvolledige open stroom. Sluit men daarentegen volledige elementen van gelijke intensiteit aaneen dan verkrijgt men een volledige open stroom. Immers overal waar twee volledige elementen van *gelijke* stroomintensiteit aan elkaar sluiten verliest het aansluitingspunt zijn karakter van stroomeind. Er zet zich daar als beginpunt van 't eene element juist evenveel electriciteit van een bepaalde soort in beweging als er als eindpunt van het andere element tot rust komt, m. a. w. de electriciteit stroomt eenvoudig door. Daarom kan een gesloten stroom geheel naar willekeur beschouwd worden als een som van volledige of van onvolledige elementen. De tweede beschouwingswijze is die van AMPÈRE, GRASZMANN en STEFAN, de eerste is eigen aan HELMHOLTZ. Een beweegbaar *gedeelte* van een gesloten stroom kan daarentegen alléén opgevat worden als een som van *on*volledige elementen.

Een volledige theorie der ponderomotorische krachten zoude rekenschap geven 1°. van de werking van twee volledige elementen onderling, 2°. van een volledig op een onvolledig, 3°. van een onvolledig op een volledig, 4°. van onvolledige elementen op elkaar. In elk dezer vier gevallen zullen verschillende functiën van den afstand kunnen voorkomen. Zoover echter de experimenteele data het opstellen der theorie toelaten vallen deze vier gevallen grootendeels samen, en zullen wij ze derhalve ook gelijktijdig behandelen.

8. Reeds uit de eerste hypothese van § 2 blijkt dat wij de ponderomotorische krachten met de stroomsterkte der beide stroomen evenredig stellen. Bestaan er dus ponderomotorische krachten die een andere wet volgen, dan zouden deze nog naast de hier behandelde moeten worden in rekening gebracht. Zooals wij zien zullen onderstelt de algemeene wet van CLAUSIUS zulke krachten, die echter expe-

rimenteel nog niet zijn aangetoond, en dan gemakkelijk van de hier behandelde te onderscheiden en te scheiden zouden zijn.

Evenzeer laten wij in deze verhandeling de electromotorische krachten geheel buiten bespreking, hoewel het natuurlijk mogelijk is deze met behulp van de wet van het behoud van arbeidsvermogen, met de ponderomotorische in verband te brengen, wat echter beter voor eene afzonderlijke behandeling geschikt is.

KRACHTEN EN KOPPELS DIE WERKZAAM KUNNEN ZIJN TUSSCHEN TWEE STROOMELEMENTEN.

De vier fundamentaalgevallen.

9. Zooals reeds door AMPÈRE is aangetoond, kan men met behulp der drie eerste hypothesen van § 2 de krachtwerkingen (krachten en koppels) tusschen twee stroomelementen afleiden uit die welke in vier eenvoudige gevallen voorkomen:

Eerste geval. De beide elementen zijn longitudinaal geplaatst ten opzichte van hunne verbindingslijn.

Tweede geval. De beide elementen zijn transversaal ten opzichte van de verbindingslijn en loopen onderling evenwijdig.

Derde geval. Beide elementen zijn transversaal ten opzichte van de verbindingslijn en kruissen elkaar rechthoekig.

Vierde geval. Het eene element is longitudinaal het andere transversaal ten opzichte van de verbindingslijn.

Wij beginnen nu met op elk dezer vier gevallen de wet der symmetrie die uitgesproken is in de tweede hypothese van § 2, toe te passen.

Eerste geval.

10. Krachten buiten de verbindingslijn zijn *onmogelijk*, immers brengt men een spiegelvlak door de verbindingslijn en bepaalt men de spiegelbeelden, dan zoude de kracht van richting veranderen, terwijl de stroomelementen geheel dezelfde bleven.

Op gelijke wijze wordt de onmogelijkheid van het bestaan van koppels aangetoond, ook van koppels wier vlak loodrecht zoude staan op de verbindingslijn, immers zulke koppels zouden bij de spiegeling van zin veranderen, terwijl toch de elementen geheel onveranderd blijven.

Blijkens de eerste en tweede hypothese kan dus alleen eene kracht

$$B\, \imath_1\, \imath_2\, ds_1\, ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

in de verbindingslijn werkzaam zijn, waarbij $\imath_1$ en $\imath_2$ de stroomsterkte, ds_1 en ds_2 de lengte der elementen, B eene onbekende functie van den afstand r voorstelt.

Ten einde de denkbeelden te bepalen nemen wij aan dat (1) de kracht voorstelt die werkzaam is om de elementen tot elkaar te doen naderen als de beide stroomen naar elkander toe zijn gericht. Loopen beide stroomen in dezelfde richting dan wordt dus de kracht die beiden tracht te doen naderen, aangewezen door:

$$-B\, \imath_1\, \imath_2\, ds_1\, ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

of wat hetzelfde is, (1) wijst de kracht aan die beide van elkaar tracht te verwijderen.

Men weet dat in de theorie van AMPÈRE

$$B = \frac{A^2}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

waarin A eene constante voorstelt.

Tweede geval.

11. Krachten buiten de verbindingslijn zijn onmogelijk, waarvan men zich gemakkelijk overtuigt door het spiegelvlak beurtelings te doen samenvallen met het vlak waarin de beide elementen gelegen zijn en met het vlak gaande door de middens der beide elementen normaal op die elementen. In beide gevallen toch moeten de krachten onveranderd blijven, in het tweede geval namelijk keeren *beide* stroomen om (zie § 2, eerste hypothese). Evenmin kunnen koppels bestaan daar deze of door het ééne of door het andere spiegelvlak van zin of van ligging zouden veranderen.

Er blijft dus weder niets over dan eene kracht:

$$C\, \imath_1\, \imath_2\, ds_1\, ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

werkzaam in de verbindingslijn en die wij onderstellen zullen te trachten de elementen tot elkaar te doen naderen indien de beide stroomen gelijkgericht zijn.

Volgens de theorie van AMPÈRE is:

$$C = \frac{2A^2}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Derde geval.

12. Krachten zijn hier geheel onmogelijk. Laat men het spiegelvlak steeds door de verbindingslijn gaan en beurtelings door het een en het ander element dan keert telkens de stroomrichting in een der beide elementen om. De kracht zoude dus beide malen juist tegengesteld moeten worden. Geen kracht, hoe ook gericht, kan aan die voorwaarde voldoen.

Met het beginsel der symmetrie is slechts vereenigbaar een koppel welks as samenvalt met de verbindingslijn. Wij nemen aan dat een koppel:

$$(D)\ i_1\, i_2\, ds_1\, ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

den rechten hoek tusschen beide stroomrichtingen tracht te verkleinen, d. w. z. de stroomhoofden tot elkander tracht te doen naderen.

Vierde geval.

13. Met de wet van symmetrie zijn hier uitsluitend vereenigbaar:

1°. krachten loodrecht op de verbindingslijn en gelegen in het vlak gaande door beide elementen;

2°. koppels gelegen in ditzelfde vlak.

In de onderstelling dat de stroomrichting in het longitudinale element gericht is naar het transversale element toe, nemen wij aan:

op het transversale element

een *kracht:*

$$E.i_1.i_2.ds_1\, ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

gelijkgericht met den stroom in dit element;

een *koppel:*

$$(F).i_1.i_2.ds_1\, ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

dat het stroomhoofd tracht te verwijderen van het longitudinale element en dus langs den kortsten weg het transversale element in de richting van het longitudinale tracht te stellen.

op het longitudinale element

een *kracht:*

$$G.i_1.i_2.ds_1\,ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

tegengesteld aan de stroomrichting van het transversale element;

een *koppel:*

$$(H).i_1.i_2.ds_1.ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

van gelijken zin met het koppel werkzaam op het transversale element, dus tegengesteld aan den zin waarin het longitudinale element om zijn midden zou worden gedraaid door een kracht in richting en plaatsing overeenstemmende met den transversalen stroom.

Is nu de stroom in het longitudinale element afgericht van het transversale element dan keeren natuurlijk al die krachtwerkingen om.

Beginsel van gelijke actie en reactie.

14. Met dit beginsel wordt in de theorie van GRASZMANN gebroken, in de theoriën van AMPÈRE en HELMHOLTZ wordt het behouden. Daar wij in de algemeene theorie de aansluiting met de theorie van GRASZMANN willen bewaren, laten ook wij het beginsel buiten rekening. Wij willen echter dadelijk de betrekkingen neerschrijven waartoe het aanleiding geeft. In het vierde geval eischt het de betrekkingen:

$$F = G, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

$$(F) + (H) = kr = Gr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 12)$$

In de drie eerste gevallen blijft het beginsel van zelve behouden door de omstandigheid dat bij gelijke stroomintensiteiten ieder verschil tusschen het eene en het andere element verdwijnt.

Krachtwerkingen tusschen twee elementen wier middens op dezelfde coördinaten-as gelegen zijn.

15. De lengte der verbindingslijn tusschen twee elementen zal steeds voorgesteld worden door r, de hoek die ieder der elementen met de verbindingslijn vormt door θ_1 en θ_2. Voor de richting van een element wordt daarbij gekozen de stroomrichting; de richting van de verbindingslijn wordt voor ieder element gerekend van dat element uit naar het andere toe, terwijl met θ_1 en θ_2 steeds hoeken kleiner dan 180^0 bedoeld worden.

Evenzoo stelt $\varepsilon < 180^0$ den hoek tusschen beide stroomelementen voor.

Verder wordt met η steeds bedoeld de hoek tusschen de normalen opgericht op de beide vlakken gaande door de verbindingslijn en ieder der elementen. Die normalen richten wij zoodanig op dat de draaijingen θ_1 en θ_2 gerekend van verbindingslijn tot element van uit een punt op zulk een normaal positief (met het uurwerk mede) gezien worden. Om nu ook den zin waarin de hoek η genomen moet worden te bepalen, verplaatse men beide normalen naar een der elementen en bezie ze van uit het andere element. De normaal behoorende bij het element waarnaar men ziet worde nu positief gedraaid tot ze samenvalt met de normaal op het element waaruit men ziet, dan is η de hoek die daarbij deze beschreven wordt. Deze hoek kan dus $\not> 180^0$ worden.

Hiermede zijn nu θ_1 , θ_2 , ε en η volmaakt ondubbelzinnig bepaald en tusschen hoeken zal steeds de betrekking bestaan:

$$\cos\varepsilon = -\cos\theta_1 . \cos\theta_2 - \sin\theta_1 . \sin\theta_2 . \cos\eta. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

16. Wij nemen nu drie onderling loodrechte assen aan. Den oorsprong plaatsen wij in het eerste element, de X-as doen wij samenvallen met de verbindingslijn. De Z-as plaatsen wij loodrecht op de verbindingslijn en op het eerste element, dat dus in het XY-vlak valt. Verder dragen wij zorg dat van uit een punt gelegen op het positieve gedeelte van de Z-as, de draaijing θ_1 gerekend van het element naar de verbindingslijn positief gezien worde. Eindelijk plaatsen wij de Y-as zoodanig dat van uit een punt op het positieve gedeelte de draaijing van 90^0 van de Z-as naar de X-as positief gezien worde. Men verkrijgt dan door ontbinding in de fundamentaal gevallen op het eerste element de volgende krachten en koppels, waarbij telkens de factor:

$$\iota_1 \iota_2 ds_1 ds_2 \ldots\ldots , \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

weggelaten is, zooals ook in het vervolg herhaaldelijk geschieden en wel nimmer tot misverstand voeren zal.

Krachten:

$$X = B\cos\theta_1\cos\theta_2 - C\sin\theta_1 . \sin\theta_2 . \cos\eta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

$$Y = -E\sin\theta_1\cos\theta_2 - G\cos\theta_1\sin\theta_2\cos\eta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

$$Z = -G\cos\theta_1 . \sin\theta_2 . \sin\eta, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Koppels:

$$(X) = -(D)\sin\theta_1 \sin\theta_2 \sin\eta, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

$$(Y) = (H)\cos\theta_1 \sin\theta_2 \sin\eta, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

$$(Z) = -(F)\sin\theta_1 \cos\theta_2 - (H).\cos\theta_1.\sin\theta_2.\cos\eta. \ldots\ldots \quad (20)$$

Ontleding der krachten en koppels *.

17. De ontbondenen Y en Z van de vorige § kunnen gedacht worden hun ontstaan te danken te hebben aan de volgende twee krachten:

1°. Een kracht:

$$S_1 = E\cos\theta_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

gericht volgens het eerste element,

2°. Een kracht:

$$S_2 = -G\cos\theta_1, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

gericht volgens het tweede element.

Heffen wij vervolgens de ontbondenen van S_1 en S_2 langs de verbindingslijn door tegengestelde krachten op, dan zal het blijken dat men het krachtenstelsel X, Y, Z mag vervangen door de krachten S_1 en S_2 en een derde kracht:

$$R = (B-G-E)\cos\theta_1\cos\theta_2 - C\sin\theta_1\sin\theta_2\cos\eta \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

gericht volgens de verbindingslijn.

Roept men te hulp de betrekking (13) dan is ook:

$$R = (B-G-E+C)\cos\theta_1\cos\theta_2 + C\cos\varepsilon. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

18. Op gelijke wijze kunnen de koppels (X), (Y) en (Z) ontleed worden in de volgende drie:

---

* Het denkbeeld de krachten zoo te ontbinden als hier geschieden zal, is ontleend aan MAXWELL. *Treatise on electricity and magnetism*, *Macmillan*, London 1873, Vol. II, aldaar, pag. 154. MAXWELL maakt echter dadelijk in den aanvang een fout. Zijne formule (10):

$$R = A\cos\vartheta\cos\vartheta' + B\sin\theta\sin\vartheta'\cos\eta,$$

moet verbeterd worden in:

$$R = A\cos\vartheta\cos\vartheta' + B\sin\vartheta.\sin\vartheta'.\cos\eta + 2C\cos\vartheta\cos\vartheta',$$

ten onrechte meent MAXWELL dat de ontbondenen langs de verbindingslijn van S en S' elkaar opheffen.

Één

$$(M_1) = (F) \,.\, \sin\theta_1 \,.\, \cos\theta_2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

welks as normaal staat op de verbindingslijn en het eerste element en zoo gekozen wordt dat uit een punt van die as de draaijing θ_1 van de verbindingslijn naar het element positief gezien wordt.

Één

$$(M_2) = (H) \,.\, \cos\theta_1 \,.\, \sin\theta_2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

welks as normaal staat op de verbindingslijn en het tweede element en zoo gekozen wordt dat uit een punt van die as de draaijing θ_2 van de verbindingslijn naar het tweede element positief gezien wordt.

Één

$$(L) = -(D) \sin\theta_1 \sin\theta_2 \sin\eta, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

welks as langs de verbindingslijn valt in de richting van het eerste element naar het tweede.

De assen der beide eerste koppels vallen dus samen met de normalen die in § 15 gediend hebben om den hoek η te bepalen.

Krachtwerking van een willekeurig element op een element samenvallende mit de X-as en geplaatst in den oorsprong.

Krachten.

19. Wij beschouwen het tweede element, welks plaatsing wij door de coördinaten x_2, y_2 en z_2 bepalen, als een gedeelte van een rechte of kromme lijn. Men heeft dan *

$$\cos\theta_1 = \frac{x_2}{r}, \qquad \cos\theta_2 = -\frac{\delta r}{\delta s_2}, \qquad \cos\varepsilon = \frac{dx_2}{ds_2}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

Men heeft dus te doen met de drie krachten:

$$R = -(B - G - E + C) \cdot \frac{x_2}{r} \cdot \frac{\delta r}{\delta s_2} + C\frac{dx_2}{ds_2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

$$S_1 = -E \cdot \frac{\delta r}{\delta s_2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

$$S_2 = -G \cdot \frac{x_2}{r}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

---

* Zie bijv. MAXWELL's *Treatise*, T. II. § 512.

die op het thans ingevoerde assen-stelsel aanleiding geven tot de ontbondenen:

$$X = R \cdot \frac{x_2}{r} + S_1 + S_2 \cdot \frac{dx_2}{ds_2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (32)$$

$$Y = S_2 \frac{dy_2}{ds_2} + R \cdot \frac{y_2}{r}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (33)$$

$$Z = S_2 \frac{dz_2}{ds_2} + R \cdot \frac{z_2}{r}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

waarbij wij ons nog overal den factor (14) gesupprimeerd denken, zoodat inderdaad op het eerste element werkzaam zijn de krachten:

$$X \iota_1 \iota_2 ds_1 ds_2, \qquad Y \iota_1 \iota_2 ds_1 ds_2, \qquad Z \iota_1 \iota_2 ds_1 ds_2. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (35)$$

20. Door substitutie van (29), (30) en (31) in de vergelijkingen (32), (33) en (34) vindt men:

$$X = -(B-G-E+C) \cdot \frac{x_2^2}{r^2} \cdot \frac{\delta r}{\delta s_2} + C \cdot \frac{x_2}{r} \cdot \frac{dx_2}{ds_2} - E \frac{\delta r}{\delta s_2} - G \cdot \frac{x_2}{r} \cdot \frac{dx_2}{ds_2}, \quad \ldots \quad (36)$$

$$Y = -(B-G-E+C) \frac{x_2 y_2}{r^2} \cdot \frac{\delta r}{\delta s_2} + C \cdot \frac{y_2}{r} \cdot \frac{dx_2}{ds_2} - G \cdot \frac{x_2}{r} \cdot \frac{dy_2}{ds_2}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (37)$$

$$Z = -(B-G-E+C) \frac{x_2 z_2}{r^2} \cdot \frac{\delta r}{\delta s_2} + C \cdot \frac{z_2}{r} \cdot \frac{dx_2}{ds_2} - G \cdot \frac{x_2}{r} \cdot \frac{dz_2}{ds_2}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

Ter bekorting van deze formules voeren wij in de functie:

$$P = \int_r^\infty \frac{B-G-E+C}{r^2} dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

zoodat:

$$dP = -\frac{B-G-E+C}{r^2} \cdot dr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

Men mag dan schrijven:

$$X = x_2^2 \frac{\delta P}{\delta s_2} + \frac{C-G}{r} \cdot x_2 \cdot \frac{dx_2}{ds_2} - E \frac{\delta r}{\delta s_2}, \quad \ldots\ldots\ldots (41)$$

$$Y = x_2 y_2 \cdot \frac{\delta P}{\delta s_2} + \frac{C}{r} \cdot y_2 \cdot \frac{dx_2}{ds_2} - \frac{G}{r} \cdot x_2 \cdot \frac{dy_2}{ds_2}, \quad \ldots\ldots\ldots (42)$$

$$Z = x_2 z_2 \cdot \frac{\delta P}{\delta s_2} + \frac{C}{r} \cdot z_2 \cdot \frac{dx_2}{ds_2} - \frac{G}{r} \cdot x_2 \cdot \frac{dz_2}{ds_2}. \quad \ldots\ldots\ldots (43)$$

Koppels:

21. Alvorens over te kunnen gaan tot de berekening der koppels (X), (Y) en (Z) behoort men de hoeken te kennen die de assen der koppels (M_1) en (M_2) met de coördinaten-assen maken. Dit geeft aanleiding tot het volgende vraagstuk:

Gegeven de hoeken α_1, β_1, γ_1 en α_2, β_2, γ_2 die twee lijnen met de coördinaten assen maken (hier: verbindingslijn en eerste of tweede element) zoo wordt gevraagd naar de hoeken φ, ψ en χ van hun gemeenschappelijke normaal met de assen. Die normaal worde zoo genomen dat van een zijner punten de draaijing $\delta < 180^0$ van de eerste lijn naar de tweede positief gezien wordt.

Wij plaatsen de lijnen in den oorsprong en zetten op die lijnen twee stukken $O A_1$ en $O A_2$ gelijk aan de eenheid uit. Projecteeren zich nu op het $Y O Z$ vlak de punten A_1 en A_2 in de punten a_1 en a_2, dan is:

$$\cos \varphi = \frac{\triangle O a_1 a_2}{\triangle O A_1 A_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (44)$$

daarbij moet de inhoud van $\triangle O a_1 a_2$ positief genomen worden zoolang de volgorde O, a_1, a_2, O enz. van de X-as uitgezien positief is, terwijl steeds:

$$\triangle O A_1 A_2 = \tfrac{1}{2} \sin \delta.$$

Nu zijn echter de coördinaten van a_1 en a_2 in het $Y O Z$-vlak bekend, namelijk:

van a_1: $\cos \beta_1$, $\cos \gamma_1$; van a_2: $\cos \beta_2$, $\cos \gamma_2$

en daaruit blijkt dat, met inachtneming van het teeken:

$$\triangle O a_1 a_2 = \tfrac{1}{2} \{\cos \beta_1 \cdot \cos \gamma_2 - \cos \beta_2 \cdot \cos \gamma_1\},$$

derhalve volgt uit (44):

$$\cos\varphi = \frac{\cos\beta_1\cos\gamma_2 - \cos\beta_2\cos\gamma_1}{\sin\delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (45)$$

en verder door letterverwisseling:

$$\cos\psi = \frac{\cos\gamma_1.\cos\alpha_2 - \cos\gamma_2.\cos\alpha_1}{\sin\delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (46)$$

$$\cos\chi = \frac{\cos\alpha_1\cos\beta_2 - \cos\alpha_2.\cos\beta_1}{\sin\delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (47)$$

22. Ten einde nu te verkrijgen de hoeken van de koppelas van (M_1) met de coördinaten assen, moet men substitueeren:

$$\left.\begin{array}{lll} \cos\alpha_1 = \frac{x_2}{r} & & \cos\alpha_2 = 1 \\ \cos\beta_1 = \frac{y_2}{r} & \delta = \Theta_1 & \cos\beta_2 = 0 \\ \cos\gamma_1 = \frac{z_2}{r} & & \cos\gamma_2 = 0 \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (48)$$

en de cosinussen dier hoeken zijn dus:

$$0; \qquad \frac{z_2}{r\sin\Theta_1}; \qquad -\frac{y_2}{r\sin\Theta_1}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (49)$$

De ontbondenen van het koppel worden derhalve (zie (25)):

$$0; \qquad \frac{(F)}{r}z_2\cos\Theta_2; \qquad -\frac{(F)}{r}y_2\cos\Theta_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (50)$$

of bij toepassing van (28):

$$0; \qquad -\frac{(F)}{r}z_2\cdot\frac{\delta r}{\delta x_2}; \qquad \frac{(F)}{r}y_2\cdot\frac{\delta r}{\delta x_2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (51)$$

23. Om evenzoo de hoeken van de koppelas van (M_2) te verkrijgen, substitueere men:

$$\left.\begin{array}{lll} \cos\alpha_1 = -\frac{x_2}{r} & & \cos\alpha_2 = \frac{dx_2}{ds_2} \\ \cos\beta_1 = -\frac{y_2}{r} & \delta = \theta_2 & \cos\beta_2 = \frac{dy_2}{ds_2} \\ \cos\gamma_1 = -\frac{z_2}{r} & & \cos\gamma_2 = \frac{dz_2}{ds_2} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (52)$$

Men vindt dan voor de cosinussen dier hoeken:

$$\frac{-\frac{y_2}{r}\cdot\frac{dz_2}{ds_2}+\frac{z_2}{r}\frac{dy_2}{ds_2}}{\sin\theta_2}; \quad \frac{-\frac{z_2}{r}\cdot\frac{dx_2}{ds_2}+\frac{x_2}{r}\cdot\frac{dz_2}{ds_2}}{\sin\theta_2}; \quad \frac{-\frac{x_2}{r}\cdot\frac{dy_2}{ds_2}+\frac{y_2}{r}\cdot\frac{dx_2}{ds_2}}{\sin\theta_2} \quad \ldots (53)$$

en derhalve tevens lettende op (28), voor de ontbondenen van het koppel (M_2):

$$\frac{(H)}{r^2}x_2\left(z_2\frac{dy_2}{ds_2}-y_2\frac{dz_2}{ds_2}\right); \quad \frac{(H)}{r^2}x_2\left(x_2\frac{dz_2}{ds_2}-z_2\frac{dx_2}{ds_2}\right); \quad \frac{(H)}{r^2}x_2\left(y_2\frac{dx_2}{ds_2}-x_2\frac{dy_2}{ds_2}\right)\ldots (54)$$

24. Neemt men thans nog in aanmerking het koppel (L) § 18, dan is ten slotte:

$$(X) = \frac{(H)}{r^2}\cdot x_2\left(z_2\frac{dy_2}{ds_2}-y_2\frac{dz_2}{ds_2}\right)-\frac{(D)}{r}x_2\ \sin\theta_1\sin\theta_2\sin\eta, \ldots (55)$$

$$(Y) = -\frac{(F)}{r}\cdot z_2\cdot\frac{\delta r}{\delta s_2}+\frac{(H)}{r^2}\cdot x_2\left(x_2\frac{dz_2}{ds_2}-z_2\frac{dx_2}{ds_2}\right)-\frac{(D)}{r}y_2\cdot\sin\theta_1\sin\theta_2\sin\eta, \ldots (56)$$

$$(Z) = \frac{(F)}{r}\cdot y_2\cdot\frac{\delta r}{\delta s_2}+\frac{(H)}{r^2}\cdot x_2\left(y_2\frac{dx_2}{ds_2}-x_2\frac{dy_2}{ds_2}\right)-\frac{(D)}{r}z_2\sin\theta_1\sin\theta_2\cdot\sin\eta, \ldots (57)$$

waarbij men weer in het oog moet houden dat de factor:

$$\iota_1\,\iota_2\,ds_1\,ds_2$$

overal is gesupprimeerd.

25. In de verkregen vergelijkingen behoort nog de vorm:

$$\sin\theta_1\sin\theta_2\sin\eta$$

in de coördinaten van het tweede element te worden uitgedrukt.

Ten einde daartoe te geraken trekken wij in den oorsprong drie lijnen, OA, OB en OC, respectievelijk evenwijdig aan de verbindingslijn gerekend van het eerste element naar het tweede, aan het eerste element, dus samenvallende met de X-as, en aan het tweede element. Ieder van deze lijnen maken wij gelijk aan de eenheid. Trekken wij nu nog de zijden van driehoek ABC dan ontstaat een tetraëder:

$$O.\ ABC$$

Het volume van dit tetraëder nu is gelijk aan:

$$\frac{1}{6}\sin\theta_1 \sin\theta_2 . \sin\eta$$

mits men namelijk dit volume als positief of negatief beschouwe naar gelang van O uit de zin van de draaijing $ABCA\ldots$ positief of negatief gezien worde. Immers de inhoud van driehoek AOB is in absolute waarde steeds gelijk aan $\frac{1}{2}\sin\theta_1$ en beschouwt men als positief die zijde van de normaal op het vlak AOB, die tot positieve tetraëders aanleiding geeft, dan wordt de loodlijn uit C op AOB neergelaten en in grootte en in teeken voorgesteld door:

$$\sin\theta_2 . \sin\eta.$$

Men heeft dus:

$$\text{Tetr. } O,\ ABC = \frac{1}{6}\sin\theta_1 . \sin\theta_2 . \sin\eta. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (58)$$

26. Het volume van zulk een tetraëder kan echter ook in de coördinaten zijner hoekpunten worden uitgedrukt. Laten x'_1, y'_1, z'_1; x'_2, y'_2, z'_2; x'_3, y'_3, z'_3 de coördinaten voorstellen van A, B en C, terwijl O geplaatst zij in den oorsprong, dan wordt, indien aan het negatieve of positieve teeken van het volume de zoo even uiteengezette beteekenis wordt gehecht, het volume steeds voorgesteld door:

$$\text{Tetr. } O, ABC = \frac{1}{6}\left[x'_1(z'_2y'_3 - z'_3y'_2) + y'_1(x'_2z'_3 - x'_3z'_2) + z'_1(y'_2x'_3 - y'_3x'_2)\right] \ldots (59)$$

derhalve is:

$$\sin\theta_1 . \sin\theta_2 . \sin\eta = x'_1(z'_2y'_3 - z'_3y'_2) + y'_1(x'_2z'_3 - x'_3z'_2) + z'_1(y'_2x'_3 - y'_3x'_2)$$

waarin nu gesubstitueerd moet worden:

$$\left.\begin{array}{lll} x'_1 = \dfrac{x_2}{r} & x'_2 = 1 & x'_3 = \dfrac{dx_2}{ds_2} \\ y'_1 = \dfrac{y_2}{r} & y'_2 = 0 & y'_3 = \dfrac{dy_2}{ds_2} \\ z'_1 = \dfrac{z_2}{r} & z'_2 = 0 & z'_3 = \dfrac{dz_2}{ds_2} \end{array}\right\}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (60)$$

zoodat derhalve:

$$\sin\theta_1 \,.\, \sin\theta_2 \,.\, \sin\eta = \frac{y_2}{r} \,.\, \frac{dz_2}{ds_2} - \frac{z_2}{r} \,.\, \frac{dy_2}{ds_2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (61)$$

Substitueeren wij dit in (55), (56) en (57), dan is:

$$(X) = \frac{(D) + (H)}{r^2}\, x_2 \left(z_2 \frac{dy_2}{ds_2} - y_2 \frac{dz_2}{ds_2} \right), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (62)$$

$$(Y) = -\frac{(F)}{r}\, z_2 \frac{\delta r}{\delta s_2} + \frac{(H)}{r^2}\, x_2 \left(x_2 \frac{dz_2}{ds_2} - z_2 \frac{dx_2}{ds_2} \right) + \frac{(D)}{r^2}\, y_2 \left(z_2 \frac{dy_2}{ds_2} - y_2 \frac{dz_2}{ds_2} \right), \ldots \quad (63)$$

$$(Z) = \frac{(F)}{r}\, y_2 \frac{\delta r}{\delta s_2} + \frac{(H)}{r^2}\, x_2 \left(y_2 \frac{dx_2}{ds_2} - x_2 \frac{dy_2}{ds_2} \right) + \frac{(D)}{r^2}\, z_2 \left(z_2 \frac{dy_2}{ds_2} - y_2 \frac{dz_2}{ds_2} \right) \ldots \quad (64)$$

Krachtwerking op een willekeurig geplaatst element.

27. Uit de formules (41), (42), (43), (62), (63) en (64) zoude het thans gemakkelijk zijn de werking van een willekeurig element op een willekeurig element af te leiden.

Wat vooreerst betreft de werking op een willekeurig gericht element ds_1 in den oorsprong kan men dit element vervangen door zijne drie componenten dx_1, dy_1 en dz_1. De aangehaalde formules geven de werking op dx_1 en door letterverschuiving ook die op dy_1 en dz_1. Deze drie krachtwerkingen behoeft men slechts op te tellen. Wenscht men daarna te kennen de werking op een element ds_1 geplaatst in het punt x_1, y_1, z_1 dan vervange men slechts overal:

$$\begin{array}{ll} x_2 & \text{door } x_2 - x_1 \\ y_2 & \text{door } y_2 - y_1 \\ z_2 & \text{door } z_2 - z_1. \end{array}$$

Het is voor ons onderzoek niet noodzakelijk deze formules neer te schrijven.

Krachtwerking van open en gesloten stroomen op een element in den oorsprong, samenvallende met de X-as.

28. Voor de krachtwerking van een open of gesloten stroom op een element dat in den oorsprong met de X-as samenvalt, mag men nu schrijven; voor de ontbondenen der kracht, resp.:

$$\iota_1\,\iota_2\,ds_1\int_a^b X\,ds_2;\qquad \iota_1\,\iota_2\,ds_1\int_a^b Y\,ds_2;\qquad \iota_1\,\iota_2\,ds_1\int_a^b Z\,ds_2\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;(65)$$

en voor die van het koppel:

$$\iota_1\,\iota_2\,ds_1\int_a^b (X)\,ds_2;\qquad \iota_1\,\iota_2\,ds_1\int_a^b (Y)\,ds_2;\qquad \iota_1\,\iota_2\,ds_1\int_a^b (Z)\,ds_2,\;.\;.\;.\;.\;(66)$$

waarbij a en b de eindpunten van den stroom voorstellen, terwijl bij de integraties s_2 de eenig onafhankelijk veranderlijke is.

29. Uit (41) volgt:

$$\int_a^b X\,ds_2=\int_a^b x_2^2\,dP+\int_a^b\frac{C-G}{r}\,x_2\,dx_2-\int_a^b E\,dr,$$

of als men de eerste integraal bij gedeelten integreert:

$$\int_a^b X\,ds_2=\,_a(P x_2^2)^b-\int_a^b E\,dr+\int_a^b\frac{C-G-2\,Pr}{r}\,x_2\,dx_2,\;.\;.\;.\;.\;.\;(67)$$

evenzoo volgt uit (42):

$$\int_a^b Y\,ds_2=\,_a(P x_2\,y_2)^b+\int_a^b\frac{C-Pr}{r}\,y_2\,dx_2-\int_a^b\frac{G+Pr}{r}\,x_2\,dy_2,\;.\;.\;.\;.\;(68)$$

en uit (43):

$$\int_a^b Z\,ds_2=\,_a(P x_2\,z_2)^b+\int_a^b\frac{C-Pr}{r}\,z_2\,dx_2-\int_a^b\frac{G+Pr}{r}\,x_2\,dz_2\;.\;.\;.\;.\;.\;(69)$$

Eindelijk volgt uit (62), (63) en (64), als wij stellen:

$$F_1 = \int_r^\infty \frac{(F)}{r}\,dr \quad \text{dus:} \quad dF_1 = -\frac{(F)}{r}\,dr \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (70)$$

$$\int_a^b (X)\,ds_2 = \int_a^b \frac{(D)+(H)}{r^2}\,x_2\,z_2\,dy_2 - \int_a^b \frac{(D)+(H)}{r^2}\,x_2\,y_2\,dz_2 \ldots\ldots\ldots (71)$$

$$\int_a^b (Y)\,ds_2 = (z_2 F_1)_a^b - \int_a^b \left(F_1 - \frac{(H)}{r^2}x_2^2 + \frac{(D)}{r^2}y_2^2\right)dz_2 - \int_a^b \frac{(H)}{r^2}x_2 z_2\,dx_2 + \int_a^b \frac{(D)}{r^2}y_2 z_2\,dy_2 \quad (72)$$

$$\int_a^b (Z)\,ds_2 = -(y_2 F_1)_a^b + \int_a^b \left(F_1 - \frac{(H)}{r^2}x_2^2 + \frac{(D)}{r^2}z_2^2\right)dy_2 + \int_a^b \frac{(H}{r^2}x_2 y_2\,dx_2 - \int_a^b \frac{(D)}{r^2}y_2 z_2\,dz_2 \quad (73)$$

30. Voor een gesloten stroom ondergaan bovenstaande formules vereenvoudiging. Dan is:

$$\int_a^a X\,ds_2 = \int_a^a \frac{C - G - 2\,Pr}{r}\,x_2\,dx_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (74)$$

$$\int_a^a Y\,ds_2 = \int_a^a \frac{C - Pr}{r}\,y_2\,dx_2 - \int_a^a \frac{G + Pr}{r}\,x_2\,dy_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (75)$$

$$\int_a^a Z\,ds_2 = \int_a^a \frac{C - Pr}{r}\,z_2\,dx_2 - \int_a^a \frac{G + Pr}{r}\,x_2\,dz_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (76)$$

$$\int_a^a (X)\,ds_2 = \int_a^a \frac{(D)+(H)}{r^2}\,x_2\,z_2\,dy_2 - \int_a^a \frac{(D)+(H)}{r^2}\,x_2\,y_2\,dz_2 \ldots\ldots\ldots (77)$$

$$\int_a^a (Y)\,ds_2 = -\int_a^a \left(F_1 - \frac{(H)}{r^2}x_2^2 + \frac{(D)}{r^2}y_2^2\right)dz_2 - \int_a^a \frac{(H)}{r^2}x_2 z_2\,dx_2 + \int_a^a \frac{(D)}{r^2}y_2 z_2\,dy_2 \ldots (78)$$

$$\int_a^a (Z)\,ds_2 = \int_a^a \left(F_1 - \frac{(H)}{r^2}x_2^2 + \frac{(D)}{r^2}z_2^2\right)dy_2 + \int_a^a \frac{(H)}{r^2}x_2 y_2\,dx_2 - \int_a^a \frac{(D)}{r^2}y_2 z_2\,dz_2 \ldots (79)$$

31. Hiermede is dus de berekening van de werking van een gesloten stroom

op een stroomelement teruggebracht tot een gesloten lijn-integraal. Reeds AMPÈRE heeft zulke lijn-integralen tot vlakte-integralen teruggevoerd. Men behoeft daartoe slechts door den gesloten stroom een willekeurig oppervlak te brengen waarvan die stroom den rand vormt. Trekt men op dit oppervlak twee stelsels van kromme lijnen, die hetzelve in vakjes verdeelen en voert men om ieder dier vakjes heen een stroom van gelijke sterkte en gelijken zin als de hoofdstroom dan heffen die stroomen elkaar overal op behalve aan den rand, zoodat al die kleine stroompjes te zamen gelijk staan met de ééne hoofdstroom, wier werking derhalve, indien men de werking van een oneindig klein gesloten stroompje ω kent, door vlakte-integralen kan gevonden worden. Wij beschouwen daarom thans de krachtwerkingen van zulk een stroompje ω.

32. Daartoe roepen wij te hulp eene stelling, bewezen door C. NEUMANN *, die wij voor onze notaties en ons coördinatenstelsel hebben geschikt gemaakt.

Laat:

$$\int U\,dx + V\,dy + W\,dz$$

voorstellen een integraal genomen langs den omtrek van een oneindig kleine gesloten lijn die een vlakken inhoud ω omsluit; laten daarbij U, V en W functiën zijn uitsluitend van x, y en z; laten verder ω_x, ω_y en ω_z de projecties van ω voorstellen op de coördinatenvlakken $Z\,O\,Y$, $X\,O\,Z$ en $Y\,O\,X$, dan is:

$$\int U\,dx + V\,dy + W\,dz = \omega_x\left(\frac{\delta W}{\delta y} - \frac{\delta V}{\delta z}\right) + \omega_y\left(\frac{\delta U}{\delta z} - \frac{\delta W}{\delta x}\right) + \omega_z\left(\frac{\delta V}{\delta x} - \frac{\delta U}{\delta y}\right) \quad . \quad (80)$$

waarbij het teeken van ω_x, ω_y en ω_z positief of negatief genomen moet worden naar gelang de zin der integratie, die natuurlijk ook in de projecties van ω ondubbelzinnig blijft, uit punten resp. op het positieve gedeelte van de X, Y, Z-as positief (d. i. met de wijzers van het uurwerk mede) of negatief wordt gezien.

33. Ten einde deze formule nog beter voor ons doel geschikt te maken stellen wij dat U, V en W functies zijn van x_2, y_2, z_2 en r, waarin:

$$r^2 = x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (81)$$

dus:

$$\frac{\delta r}{\delta x_2} = \frac{x_2}{r}; \quad \frac{\delta r}{\delta y_2} = \frac{y_2}{r}; \quad \frac{\delta r}{\delta z_2} = \frac{z_2}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (82)$$

---

* *Die elektrischen Kräfte*, Leipzig, TEUBNER, 1873. pag. 88.

Dan is bijv.:

$$\frac{\delta W}{\delta y_2} = \frac{\delta W}{\delta r}\cdot\frac{\delta r}{\delta y_2} + \frac{\delta W}{\delta y_2} = \frac{\delta W}{\delta r}\cdot\frac{y_2}{r} + \frac{\delta W}{\delta y_2}$$

en de formule gaat over in:

$$\int U\,dx_2 + V\,dy_2 + W\,dz_2 = \omega_x\cdot\left(\frac{\delta W}{\delta r}\cdot\frac{y_2}{r} - \frac{\delta V}{\delta r}\cdot\frac{z_2}{r}\right) + \omega_y\left(\frac{\delta U}{\delta r}\cdot\frac{z_2}{r} - \frac{\delta W}{\delta r}\cdot\frac{x_2}{r}\right) +$$
$$+ \omega_z\left(\frac{\delta V}{\delta r}\cdot\frac{x_2}{r} - \frac{\delta U}{\delta r}\cdot\frac{y_2}{r}\right) + \omega_x\left(\frac{\delta W}{\delta y_2} - \frac{\delta V}{\delta z_2}\right) + \omega_y\left(\frac{\delta U}{\delta z_2} - \frac{\delta W}{\delta x_2}\right) + \omega_z\left(\frac{\delta V}{\delta x_2} - \frac{\delta U}{\delta y_2}\right) \ldots \quad (83)$$

34. Passen wij deze formule thans toe op de betrekkingen (74)—(79) dan vinden wij voor de krachtwerking van een elementair (oneindig klein) gesloten stroompje:

$$\int_a^a X\,ds_2 = \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{C-G-2Pr}{r}}{dr}\,x_2(z_2\omega_y - y_2\omega_z), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (84)$$

$$\int_a^a Y\,ds_2 = \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{C-Pr}{r}}{dr}\,y_2(z_2\omega_y - y_2\omega_z) - \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr}\,x_2(x_2\omega_z - z_2\omega_x) - \frac{C+G}{r}\cdot\omega_z, \ldots \quad (85)$$

$$\int_a^a Z\,ds_2 = -\frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{C-Pr}{r}}{dr}\,z_2(y_2\omega_z - z_2\omega_y) + \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr}\,x_2(x_2\omega_y - y_2\omega_x) + \frac{C+G}{r}\cdot\omega_y, \ldots \quad (86)$$

$$\int_a^a (X)\,ds_2 = \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr}\,x_2[z_2(x_2\omega_z - z_2\omega_x) - y_2(y_2\omega_x - x_2\omega_y)] + \frac{(D)+(H)}{r^2}(z_2\omega_z + y_2\omega_y - 2x_2\omega_x), \ldots \quad (87)$$

$$\int_a^a (Y)ds_2 = -\frac{1}{r}\cdot\frac{dF_1}{dr}(y_2\omega_x - x_2\omega_y) + \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{(H)}{r^2}}{dr}\,x_2(x_2y_2\omega_x - x_2^2\omega_y - z_2^2\omega_y + y_2z_2\omega_z) +$$
$$+ \frac{1}{r}\cdot\frac{d.\frac{(D)}{r^2}}{dr}\,y_2(x_2y_2\omega_y - y_2^2\omega_x - z_2^2\omega_x + x_2z_2\omega_z) - \frac{3(H)}{r^2}x_2\omega_y - \frac{3(D)}{r^2}y_2\omega_x, \ldots \quad (88)$$

$$\int_a^a (Z) ds_2 = -\frac{1}{r} \cdot \frac{dF_1}{dr} (z_2 \omega_x - x_2 \omega_z) + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\frac{(I)}{r^2}}{dr} x_2 (x_2 z_2 \omega_x - x_2^2 \omega_z - y_2^2 \omega_z + y_2 z_2 \omega_y) +$$

$$+ \frac{1}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{(D)}{r^2}}{dr} z_2 (x_2 z_2 \omega_z - z_2^2 \omega_x - y_2^2 \omega_x + x_2 y_2 \omega_y) - \frac{3(H)}{r^2} x_2 \omega_z - \frac{3(D)}{r^2} z_2 \omega_x . \quad . \quad . \quad (89)$$

Krachtwerking van een elementair gesloten stroompje ω_x geplaatst in den oorsprong op een willekeurig element ds_1.

35. De formules (84)—(89) wijzen aan na vermenigvuldiging met $\iota_1 \iota_2 ds_1$ de krachtwerking van een elementair stroompje ω geplaatst in 't punt x_2, y_2, z_2, op een element gelijkgericht met de X-as en geplaatst in den oorsprong. Verplaatst men nu den oorsprong naar het elementair stroompje dan zullen de nieuwe coördinaten van het element geworden zijn:

$$x_1 = -x_2 ; \quad y_1 = -y_2 ; \quad z_1 = -z_2 . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (90)$$

Wenscht men derhalve te kennen de krachtwerking van een elementair stroompje ω geplaatst in den oorsprong, op een element geplaatst in het punt x_1, y_1, z_1, dan moet men in de formules (84)—(89) substitueeren:

$$x_2 = -x_1 ; \quad y_2 = -y_1 ; \quad z_2 = -z_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (91)$$

en daaruit kan men dan door letterverschuiving de krachtwerkingen van ω op elementen vinden die met de Y- en Z-as evenwijdig loopen.

Dewijl nu een element ds_1 mag vervangen worden door zijn drie componenten dx_1, dy_1 en dz_1 zoo kan men, dewijl nu de krachtwerkingen op de componenten bekend zijn, door sommatie die op ds_1 vinden.

Met weglating thans van den factor $\iota_1 \iota_2$ vindt men:

$$ds_1 \int_a^a X ds_2 = \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{C - G - 2Pr}{r}}{dr} x_1 (z_1 \omega_y - y_1 \omega_z) \right] dx_1 + \left[-\frac{1}{r} \cdot \frac{d\frac{C - Pr}{r}}{dr} x_1 (z_1 \omega_x - x_1 \omega_z) + \right.$$

$$+ \frac{1}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{G + Pr}{r}}{dr} y_1 (y_1 \omega_z - z_1 \omega_y) + \left. \frac{C + G}{r} \omega_z \right] dy_1 + \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{C - Pr}{r}}{dr} x_1 (y_1 \omega_x - x_1 \omega_y) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{G + Pr}{r}}{dr} z_1 (z_1 \omega_y - y_1 \omega_z) - \frac{C + G}{r} \omega_y \right] dz_1 , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (92)$$

waaruit thans: $ds_1 \int_a^a Y\,ds_2$ en $ds_1 \int_a^a Z\,ds_2$ wederom door letterverschuiving kunnen afgeleid worden.

Op gelijke wijze vindt men:

$$ds_1 \int_a^a (X)\,ds_2 = \Big[-\frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} x_1 \{z_1(x_1\omega_z - z_1\omega_x) - y_1(y_1\omega_x - x_1\omega_y)\} -$$

$$- \frac{(D)+(H)}{r^2}(z_1\omega_z + y_1\omega_y - 2x_1\omega_x)\Big] dx_1 + \Big[\frac{1}{r}\cdot\frac{dF_1}{dr}(x_1\omega_y - y_1\omega_x) -$$

$$- \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(H)}{r^2}}{dr} y_1(y_1 x_1\omega_y - y_1^2\omega_x - z_1^2\omega_x + z_1 x_1\omega_z) - \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(D)}{r^2}}{dr} x_1(y_1 x_1\omega_x - x_1^2\omega_y -$$

$$- z_1^2\omega_y + y_1 z_1\omega_z) + \frac{3(H)}{r^2} y_1\omega_x + \frac{3(D)}{r^2} x_1\omega_y\Big] dy_1 + \Big[\frac{1}{r}\cdot\frac{dF_1}{dr}(x_1\omega_z - z_1\omega_x) -$$

$$- \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(H)}{r^2}}{dr} z_1(z_1 x_1\omega_z - z_1^2\omega_x - y_1^2\omega_x + y_1 x_1\omega_y) - \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(D)}{r^2}}{dr} x_1(z_1 x_1\omega_x -$$

$$- x_1^2\omega_z - y_1^2\omega_z + y_1 z_1\omega_y) + \frac{3(H)}{r^2} z_1\omega_x + \frac{3(D)}{r^2} x_1\omega_z\Big] dz_1, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (93)$$

waaruit eveneens door letterverschuiving af te leiden zijn:

$$ds_1 \int_a^a (Y)\,ds_2 \text{ en } ds_1 \int_a^a (Z)\,ds_2$$

36. Voor ons doel zal het voldoende zijn te kennen de werking van ω_x op een willekeurig geplaatst element, men mag dan in (92) en (93) benevens in de formules die er door letterverschuiving uit worden afgeleid, stellen:

$$\omega_y = 0, \qquad \omega_z = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (94)$$

Dan is:

$$ds_1 \int_a^a X\,ds_2 = \omega_x \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{C-Pr}{r}}{dr} \cdot x_1 (y_1\,dz_1 - z_1\,dy_1) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (95)$$

$$ds_1 \int_a^a Y\,ds_2 = \omega_x \left[-\frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr} \cdot x_1 z_1\,dx_1 - \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{C-G-2Pr}{r}}{dr} y_1 z_1\,dy_1 + \right.$$
$$\left. + \left\{ \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{C-Pr}{r}}{dr} y_1^2 + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr} z_1^2 + \frac{C+G}{r} \right\} dz_1 \right] \ldots\ldots\ldots \quad (96)$$

$$ds_1 \int_a^a Z\,ds_2 = \omega_x \left[-\frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr} x_1 y_1\,dx_1 + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{C-G-2Pr}{r}}{dr} y_1 z_1\,dz_1 - \right.$$
$$\left. - \left\{ \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{C-Pr}{r}}{dr} z_1^2 + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr} y_1^2 + \frac{C+G}{r} \right\} dy_1 \right] \ldots\ldots\ldots \quad (97)$$

$$ds_1 \int_a^a (X)\,ds_2 = \omega_x \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} \cdot x_1 (y_1^2 + z_1^2)\,dx_1 + \frac{(D)+(H)}{r^2} \cdot 2 x_1\,dx_1 + \right.$$
$$+ \left\{ -\frac{1}{r} \cdot \frac{dF_1}{dr} \cdot y_1 + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(H)}{r^2}}{dr} y_1 (y_1^2 + z_1^2) - \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)}{r^2}}{dr} y_1 x_1^2 + \frac{3(H)}{r^2} y_1 \right\} dy_1 +$$
$$\left. + \left\{ -\frac{1}{r} \cdot \frac{dF_1}{dr} z_1 + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(H)}{r^2}}{dr} z_1 (y_1^2 + z_1^2) - \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)}{r^2}}{dr} z_1 x_1^2 + \frac{3(H)}{r^2} z_1 \right\} dz_1 \right] . \quad (98)$$

$$ds_1 \int_a^a (Y)\,ds_2 = \omega_x \left[\left\{ \frac{1}{r} \cdot \frac{dF_1}{dr} y_1 - \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(H)}{r^2}}{dr} y_1 x_1^2 + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)}{r^2}}{dr} y_1 (y_1^2 + z_1^2) + \frac{3(D)}{r^2} y_1 \right\} dx_1 + \right.$$
$$\left. + \left\{ -\frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} y_1^2 x_1 - \frac{(D)+(H)}{r^2} x_1 \right\} dy_1 - \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} x_1 y_1 z_1\,dz_1 \right] . . \quad (99)$$

$$ds_1 \int_a^a (Z)\, ds_2 = \omega_x \left| \left\{ \frac{1}{r} \cdot \frac{d F_1}{d r} z_1 - \frac{1}{r} \frac{d \frac{(H)}{r^2}}{d r} z_1 x_1^2 + \frac{1}{r} \frac{d \frac{(D)}{r^2}}{d r} z_1 (y_1^2 + z_1^2) + \frac{3\,(D)}{r^2} z_1 \right\} dx_1 + \right.$$

$$\left. + \left\{ -\frac{1}{r} \cdot \frac{d \frac{(D)+(H)}{r^2}}{d r} z_1^2 x_1 - \frac{(D)+(H)}{r^2} x_1 \right\} dz_1 - \frac{1}{r} \frac{d \frac{(D)+(H)}{r^2}}{d r} x_1 y_1 z_1 dy_1 \right| \quad . \quad . \quad (100)$$

Krachtwerking van een elementair gesloten stroompje ω_x geplaatst in den oorsprong op een willekeurige, gesloten stroom.

37. Het is duidelijk dat de krachtwerkingen van een elementair gesloten stroompje ω_x, geplaatst in den oorsprong, op een gegeven gesloten stroom door integratie uit (95)—(100) zullen kunnen worden afgeleid.

Voor de krachten zal men vinden langs de X-as:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} ds_1 \int_a^a X\, ds_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (101)$$

langs de Y-as:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} ds_1 \int_a^a Y\, ds_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (102)$$

langs de Z-as:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} ds_1 \int_a^a Z\, ds_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (103)$$

Ter berekening van de koppels zal men — behalve op de koppels (98)—(100) — nog moeten letten op die welke door de verplaatsing der krachten naar een gemeenschappelijk punt ontstaan. Kiezen wij daartoe den oorsprong dan vindt men voor de koppels:

langs de X-as:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} ds_1 \int_a^a (X)\, ds_2 - \iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} z_1\, ds_1 \int_a^a Y\, ds_2 + \iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} y_1\, ds_1 \int_a^a Z\, ds_2 \quad . \quad . \quad (104)$$

langs de Y-as:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} ds_1 \int_a^a (Y)\, ds_2 - \iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} x_1\, ds_1 \int_a^a Z\, ds_2 + \iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} z_1\, ds_1 \int_a^a X\, ds_2 \quad . \quad . \quad (105)$$

langs de Z-as:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} (Z)\, ds_2 - \iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} y_1\, ds_1 \int_{a}^{a} X ds_2 + \iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} x_1\, ds_1 \int_{a}^{a} Y ds_2 \ldots \quad (106)$$

Voorwaarden van overeenstemming met de theorie van AMPÈRE *voor gesloten stroomen.*

38. In de inleiding hebben wij er op gewezen dat van gesloten stroomen de krachtwerking bekend mag beschouwd worden en volkomen overeenstemt met de theorie van AMPÈRE. De algemeene theorie die wij hier ontwikkeld hebben, zal dus voor gesloten stroomen dezelfde krachtwerkingen moeten opleveren als de theorie van AMPÈRE die aan de onbepaalde functiën:

$$B,\ C,\ (D),\ E,\ (F),\ G,\ (H)$$

de bepaalde waarden geeft: (zie de behandeling der fundamentaalgevallen):

$$B = \frac{A^2}{r^2},\ C = \frac{2A^2}{r^2},\ (D) = 0,\ E = 0,\ (F) = 0,\ G = 0,\ (H) = 0. \ldots \quad (107)$$

De werking van gesloten stroomen kan echter (zie § 31) teruggebracht worden tot de som van krachtwerkingen tusschen elementaire gesloten stroompjes. Wij behoeven dus slechts zorg te dragen dat de krachtwerking tusschen twee zulke stroompjes ω en ω' willekeurig ten opzichte van elkander geplaatst, overeenstemme met de theorie van AMPÈRE. Dat men *één* dezer stroompjes in het vlak der $X\,O\,Z$ in den oorsprong plaatste is geene beperking der algemeenheid. De voorwaarde dat de algemeene theorie voor gesloten stroomen uitkomsten geven moet overeenkomende met die van AMPÈRE, komt dan daarop neder dat van de krachtwerking van ω_x op ω' de krachten (101), (102) en (103) en de koppels (104), (105) en (106) overeenkomstig zijn met de krachten en koppels die door de substitutie (107) ontstaan.

Eerste voorwaarde.

39. Ten einde zoo spoedig mogelijk tot eene eerste voorwaarde van overeenstemming te geraken, berekenen wij de krachtwerking (10) tusschen ω_x en ω_x, waarbij wij dus ω'_y en ω'_z buiten rekening laten. Men heeft:

$$\int_{a'}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} X\, ds_2 = \omega_x \left| \int_{a'}^{a'} \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{C - Pr}{r}}{dr}\, x_1 (y_1\, dz_1 - z_1\, dy_1) \right| \ldots \ldots \quad (108)$$

derhalve, onder toepassing van (83):

$$\int_{a'}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} X\, ds_2 = \omega_x \cdot \omega'_x \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{d\frac{C-Pr}{r}}{dr}}{dr} x_1 (y_1^2 + z_1^2) + \frac{2}{r} \cdot \frac{d \cdot \frac{C-Pr}{r}}{dr} x_1 \right] \ldots (109)$$

Deze uitdrukking moet voor iedere waarde van x_1, y_1 en z_1 in overeenstemming zijn met de theorie van AMPÈRE. Derhalve is noodig en voldoende dat:

$$\frac{d \cdot \frac{C-Pr}{r}}{dr}$$

met die theorie overeenstemme, derhalve blijkens (107):

$$\frac{d \cdot \frac{C-Pr}{r}}{dr} = \frac{d \cdot \frac{A^2}{r^3}}{dr} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (110)$$

immers blijkens (39) en (107) is in de theorie van AMPÈRE:

$$P = \int_{r}^{\infty} \frac{3A^2}{r^4} dr = \frac{A^2}{r^3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (111)$$

Voeren wij nog in de uiterst waarschijnlijke hypothese (zie § 52) dat op oneindigen afstand alle krachtwerkingen verdwijnen, dan volgt uit (110):

$$C - Pr = \frac{A^2}{r^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (I)$$

waarmede eene eerste betrekking tusschen de onbepaalde functiën gevonden is.

40. Deze eerste betrekking blijkt voldoende te zijn om de krachten (101), (102) en (103) in overeenstemming te brengen met de theorie van AMPÈRE. Om dit te bewijzen beginnen wij in de uitdrukkingen (95), (96) en (97) met behulp van (I) de functie C te elimineeren. Men vindt dan:

$$ds_1 \int_{a}^{a} X\, ds_2 = -\omega_x \cdot \frac{3A^2}{r^5} x_1 (y_1\, dz_1 - z_1\, dy_1) \ldots\ldots\ldots (112)$$

Verder is:

$$ds_1\int_a^a Y ds_2 = \omega_x\left[\frac{3A^2}{r^5}y_1(z_1dy_1-y_1dz_1)+\frac{A^2}{r^3}dz_1+\frac{1}{r}.\frac{d.\frac{G+Pr}{r}}{dr}z_1(x_1dx_1+y_1dy_1+z_1dz_1)-\frac{G+Pr}{r}dz_1\right]_a^a \quad (113)$$

Substitueert men in deze formule:

$$x_1\,dx_1 + y_1\,dy_1 + z_1\,dz_1 = r\,dr, \quad (114)$$

dan is eindelijk:

$$ds_1\int_a^a Y\,ds_2 = \omega_x\left[\frac{3A^2}{r^5}y_1(z_1\,dy_1-y_1\,dz_1) + \frac{A^2}{r^3}dz_1 + d.\frac{G+Pr}{r}.z_1\right]_a^a \quad (115)$$

Evenzoo vindt men:

$$ds_1\int_a^a Z\,ds_2 = \omega_x\left[-\frac{3A^2}{r^5}z_1(y_1\,dz_1-z_1\,dy_1) - \frac{A^2}{r^3}dy_1 - d.\frac{G+Pr}{r}.y_1\right]_a^a \quad (116)$$

Wordt nu ten tweede male gesloten geintegreerd, dan valt $G + Pr$ overal weg, daar het alleen in totale differentialen voorkomt, en de uitdrukkingen voor de krachten (101), (102) en (103) veranderen door de substitutie (107) niet meer, m. a. w. ze zijn reeds in overeenstemming met de theorie van AMPÈRE.

Tweede voorwaarde.

41. Alvorens tot de berekening van (104) over te gaan, vereenvoudigen wij de waarde der beide laatste integralen. Bij toepassing van (115) en (116) vindt men:

$$\int_{a'}^{a'} x_1 ds_1\int_a^a Z\,ds_2 - \int_{a'}^{a'} z_1 ds_1\int_a^a Y ds_2 = -\int_{a'}^{a'}\frac{A^2}{r^3}(y_1dy_1+z_1dz_1)+y_1d.\frac{G+Pr}{r}.y_1+z_1d.\frac{G+Pr}{r}z_1 \quad (117)$$

Voert men de beide laatste differentiaties uit en verdrijft men y_1 en z_1 met behulp der betrekkingen:

$$y_1\,dy_1 + z_1\,dz_1 = r\,dr - x_1\,dx_1,$$

$$y_1^2 + z_1^2 = r^2 - x_1^2,$$

dan houdt men, als men de totale differentialen laat verdwijnen, nog over:

$$\int_{a'}^{a'} y_1\,ds_1\int_a^a Z\,ds_2-\int_{a'}^{a'} z_1\,ds_1\int_a^a Y\,ds_2=\int_{a'}^{a'}\left(\frac{A^2}{r^3}+\frac{G+Pr}{r}\right)x_1\,dx_1+\int_{a'}^{a'} x_1^2.d.\frac{G+Pr}{r}\quad..(118)$$

of eindelijk door integratie bij gedeelten van de laatste integraal:

$$\int_{a'}^{a'} y_1\,ds_1\int_a^a Z\,ds_2-\int_{a'}^{a'} z_1\,ds_1\int_a^a Y\,ds_2=\int_{a'}^{a'}\left(\frac{A^2}{r^3}-\frac{G+Pr}{r}\right)x_1\,dx_1.\ldots.\quad(119)$$

42. Substitueert men in (98) de formule (70) dus:

$$\frac{dF_1}{dr}=-\frac{(F)}{r}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\quad(70)$$

en vervangt men tevens overal $y_1^2+z_1^2$ door $r_1^2-x_1^2$, dan is:

$$\int_{a'}^{a'} ds_1\int_a^a (X)ds_2=\omega_x\left[\int_{a'}^{a'} r.\frac{d.\frac{(D)+(D)}{r^2}}{dr}x_1dx_1-\int_{a'}^{a'}\frac{1}{r}.\frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr}x_1^3dx_1+\int_{a'}^{a'} 2\frac{(D)+(H)}{r^2}x_1dx_1+\right.$$
$$\left.+\int_{a'}^{a'}\left(\frac{(F)}{r^2}+r\frac{d.\frac{(H)}{r^2}}{dr}+\frac{3(H)}{r^2}\right)(y_1dy_1+z_1dz_1)-\int_{a'}^{a'}\frac{1}{r}.\frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr}x_1^2(y_1dy_1+z_1dz_1)\right]\quad..\quad(120)$$

Vervangt men hier weder:

$$y_1\,dy_1+z_1\,dz_1\quad\text{door}\quad r\,dr-x_1\,dx_1$$

en laat men de totale differentialen weg, dan is:

$$\int_{a'}^{a'} ds_1\int_a^a (X)\,ds_2=\omega_x\left[\int_{a'}^{a'} r.\frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr}.x_1dx_1-\int_{a'}^{a'} x_1^2.d.\frac{(D)+(H)}{r^2}+\int_{a'}^{a'} 2\frac{(D)+(H)}{r^2}x_1dx_1+\right.$$
$$\left.-\int_{a'}^{a'}\left(\frac{(F)}{r^2}+r.\frac{d.\frac{(H)}{r^2}}{dr}+\frac{3(H)}{r^2}\right)x_1\,dx_1\right]\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\quad(121)$$

Past men eindelijk integratie bij gedeelten toe op de tweede integraal, dan is na herleiding:

$$\int_{a'}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} (X)\, ds_2 = \omega_x \int_{a'}^{a'} \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{d(D)}{dr} + \frac{2(D)}{r^2} + \frac{(H)}{r^2} - \frac{(F)}{r^2} \right) x_1\, dx_1 \ldots \quad (122)$$

Substitueert men thans (122) en (119) in (104), dan blijkt dat het koppel loodrecht op de X-as voor de beide elementaire stroomen ω en ω' wordt aangewezen door:

$$\iota_1 \iota_2 \int_{a'}^{a'} \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{d(D)}{dr} + \frac{2(D)}{r^2} + \frac{(H)}{r^2} - \frac{(F)}{r^2} + \frac{A^2}{r^3} - \frac{G + Pr}{r} \right) x_1\, dx_1 \ldots \quad (123)$$

Deze uitdrukking moet nu, daar ze op gesloten stroomen betrekking heeft, in overeenstemming zijn met de theorie van AMPÈRE, d. w. z. ze moet door de substitutie (107) onveranderd blijven. Het is duidelijk dat men door toepassing van (83) en uitgaande van de hypothese, dat alle krachtwerkingen op oneindigen afstand verdwijnen, zonder moeite als voorwaarde van overeenstemming vinden zal:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{d(D)}{dr} + \frac{2(D)}{r^2} + \frac{(H)}{r^2} - \frac{(F)}{r^2} + \frac{A^2}{r^3} - \frac{G + Pr}{r} = 0 \ldots \quad (II)$$

43. Wij zullen thans aantoonen dat deze voorwaarden van zelve ook de beide andere ontbondenen van het koppel (105) en (106) in overeenstemming brengt met de theorie van AMPÈRE. Daartoe beginnen wij weder met de koppels die door verplaatsing der krachten ontstaan. Uit (112) en (116) volgt onmiddellijk:

$$\int_{a'}^{a'} z_1\, ds_1 \int_{a}^{a} X\, ds_2 - \int_{a'}^{a'} x_1\, ds_1 \int_{a}^{a} Z\, ds_2 = \omega_x \left[\int_{a'}^{a'} \frac{A^2}{r^3} x_1\, dy_1 + \int_{a'}^{a'} x_1\, d \cdot \frac{G + Pr}{r} y_1 \right] \ldots \quad (124)$$

of door integratie bij gedeelten:

$$\int_{a'}^{a'} z_1\, ds_1 \int_{a}^{a} X\, ds_2 - \int_{a'}^{a'} x_1\, ds_1 \int_{a}^{a} Z\, ds = \omega_x \left[\int_{a'}^{a'} \frac{A^2}{r^3} x_1\, dy_1 - \int_{a'}^{a'} \frac{G + Pr}{r} y_1\, dx_1 \right] \ldots \quad (125)$$

44. Uit (99) volgt onmiddellijk:

$$\int_{a'}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} (Y)\, ds_2 = \omega_x \left[\int_{a'}^{a'} \left[-\frac{(F)}{r^2} + r \frac{d.\frac{(D)}{r^2}}{dr} + \frac{3(D)}{r^2} \right] y_1\, dx_1 - \int_{a'}^{a'} \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} x_1^2 y_1\, dx_1 - \right.$$
$$\left. - \int_{a'}^{a'} \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} y_1^2 x_1\, dy_1 - \int_{a'}^{a'} \frac{(D)+(H)}{r^2} x_1\, dy_1 - \int_{a'}^{a'} \frac{1}{r} \cdot \frac{d.\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} x_1 y_1 z_1\, dz_1 \right] \ldots (126)$$

of, als wij te zamen nemen de derde, vierde en de laatste integraal en de eerste herleiden:

$$\int_{a'}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} (Y)\, ds_2 = \omega_x \left[\int_{a'}^{a'} \left[-\frac{(F)}{r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d(D)}{dr} + \frac{(D)}{r^2} \right] y_1\, dx_1 - \int_{a'}^{a'} x_1 y_1\, d. \frac{(D)+(H)}{r^2} - \right.$$
$$\left. - \int_{a'}^{a'} \frac{(D)+(H)}{r^2} x_1\, dy_1 \right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (127)$$

of eindelijk als wij de tweede integraal bij gedeelten integreeren:

$$\int_{a}^{a'} ds_1 \int_{a}^{a} (Y)\, ds_2 = \omega_x \int_{a'}^{a'} \left[-\frac{(F)}{r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d(D)}{dr} + \frac{2(D)}{r^2} + \frac{(H)}{r^2} \right] y_1\, dx_1 \ldots . (128)$$

Met behulp van (128) en (125) vinden wij dus voor het koppel (105):

$$\iota_1 \iota_2 \omega_x \left[\int_{a'}^{a'} \left[-\frac{(F)}{r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d.(D)}{dr} + \frac{2(D)}{r^2} + \frac{(H)}{r^2} - \frac{G+Pr}{r} \right] y_1\, dx_1 + \int_{a'}^{a'} \frac{A^2}{r^3} x_1\, dy_1 \right] \ldots (129)$$

of, lettende op de voorwaarde (II):

$$\iota_1 \iota_2 \cdot \omega_x \int_{a'}^{a'} \frac{A^2}{r^3} (x_1\, dy_1 - y_1\, dx_1) \ldots\ldots\ldots\ldots (130)$$

45. Op gelijke wijze zoude men vinden voor het koppel (106):

$$\iota_1 \iota_2 \cdot \omega_x \int_{a'}^{a'} \frac{A^2}{r^3} (x_1\, dz_1 - z_1\, dx_1) \ldots\ldots\ldots\ldots (131)$$

Deze koppels veranderen niet door de substitutie (107) en zijn dus van zelve in overeenstemming met de theorie van AMPÈRE. De beide voorwaarden (I) en (II) zijn dus noodig, maar ook voldoende, om de algemeene theorie der ponderomotorische werkingen voor gesloten stroomen in overeenstemming te brengen met de theorie van AMPÈRE.

Werking van een gesloten stroom op een onvolledig stroomelement.

46. Door de proeven van v. ETTINGHAUSEN, in de inleiding aangehaald, weet men met zekerheid dat de resultante der krachten uitgeoefend door een gesloten stroom op een onvolledig stroomelement loodrecht staat op dat element; tevens volgt uit dezelfde proeven de afwezigheid van koppels wier as loodrecht zoude staan op het element; immers ook zulke koppels zouden zich door eene verplaatsing van het bewegelijk gedeelte van den stroom hebben geopenbaard.

Wij weten dus dat voor een onvolledig stroomelement de uitdrukkingen (84), (88) en (89) identisch nul moeten zijn voor alle waarden van x_2, y_2, z_2, ω_x, ω_y en ω_z. Wat betreft (84) wordt daartoe vereischt:

$$d.\frac{C-G-2Pr}{r}\Big/dr = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (132)$$

of, dewijl alle krachtwerkingen op oneindigen afstand ondersteld worden te verdwijnen:

$$C-G-2Pr=0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (III)$$

welke voorwaarde dan vervuld moet zijn voor de werking van onvolledige elementen op elkander en voor de werking van een volledig element op een onvolledig element.

47. Uit de voorwaarde (III) volgt in verband met (I):

$$G+Pr=\frac{A^2}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (133)$$

en ook:

$$C+G=\frac{2A^2}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (134)$$

Substitueert men deze waarden in (85) en (86), dan zullen deze uitdrukkingen door de substitutie (107) niet meer gewijzigd worden. Deze krachten zijn dus

dan van zelve in overeenstemming met de theorie van AMPÈRE, en het meten hunner juiste waarde zal dus geene nieuwe betrekkingen tusschen de onbepaalde functiën aan het licht kunnen brengen.

48. Het koppel (88) geeft, daar het identisch nul moet zijn, aanleiding tot de betrekking:

$$0 = \omega_x \left[-\frac{1}{r}\cdot\frac{dF_1}{dr}y_2 + \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(H)}{r^2}}{dr}x_2^2 y_2 - \frac{1}{r}\frac{d\cdot\frac{(D)}{r^2}}{dr}(y_2^3+y_2 z_2^2) - \frac{3(D)}{r^2}y_2 \right] +$$
$$+ \omega_y \left[\frac{1}{r}\cdot\frac{dF_1}{dr}x_2 - \frac{1}{r}\cdot\frac{d\frac{(H)}{r^2}}{dr}(x_2^3 + x_2 z_2^2) + \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(D)}{r^2}}{dr}x_2 y_2^2 - \frac{3(H)}{r^2}x_2 \right] +$$
$$+ \omega_z \left[\frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(H)}{r^2}}{dr} + \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(D)}{r^2}}{dr} \right] x_2 y_2 z_2 . \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (135)$$

Dewijl deze betrekkingen voor iedere waarde van ω_x, ω_y en ω_z vervuld moeten zijn, zoo is vooreerst:

$$\frac{d\cdot\frac{(D)+(H)}{r^2}}{dr} = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (136)$$

waaruit dus weder volgt:

$$(D) + (H) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (IV)$$

49. In de tweede plaats is:

$$-\frac{1}{r}\cdot\frac{dF_1}{dr}y_2 + \frac{1}{r}\cdot\frac{d\cdot\frac{(H)}{r^2}}{dr}x_2^2 y_2 - \frac{1}{r}\frac{d\cdot\frac{(D)}{r^2}}{dr}(y_2^3 + y_2 z_2^2) - \frac{3(D)}{r^2}y_2 = 0 \ldots (137)$$

gebruikt men echter de betrekking (IV) om de functie (H) te verdrijven en let men op (70), dan voert dit tot de voorwaarde:

$$-(F) + (D) + r\frac{d(D)}{dr} = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (138)$$

welke voorwaarde echter geene nieuwe betrekking tusschen de onbekende functiën

invoert, immers substitueert men (133) in (II) en elimineert men (*H*) met behulp van (IV), dan wordt uit die reeds bekende betrekkingen de betrekking (138) afgeleid.

De beschouwing van den coëfficiënt van ω_y in (135) voert tot dezelfde betrekking (138) en levert dus evenmin iets nieuws.

Eindelijk zal het koppel (89) — zoo als gemakkelijk is in te zien — ten gevolge van de betrekkingen (IV) en (138) van zelve verdwijnen.

50. Ten gevolge van de voorwaarde (IV) wordt het koppel (87) identisch nul. Deze voorwaarde heeft dus de eenvoudige beteekenis dat geen gesloten stroom, en blijkens (71) en (62) zelfs geen open stroom of stroomelement, ooit op een lineair stroomelement een koppel zal uitoefenen welks as met het lineaire element te zamen valt.

Deze uitkomst schijnt reeds *à priori* zoo waarschijnlijk — hoewel ze toch uit de wet van symmetrie *niet* af te leiden is en evenmin uit het gedrag van gesloten stroomen — dat men er wellicht geen bezwaar in behoeft te zien ze ook voor volledige stroomelementen, waarvoor ze experimenteel niet bewezen is, in te voeren als hypothese.

51. Uit het hier behandelde blijkt voorts dat van proeven aangaande de werking van gesloten stroomen op onvolledige elementen voor de algemeene ponderomotorische theorie niets meer te wachten is. Zulk een element, dus ook in het algemeen ieder gedeelte van een gesloten stroom, zal zich indien er gesloten stroomen op werken, juist zoo gedragen als de theorie van AMPÈRE dit verlangt, maar daaruit volgt slechts de juistheid der betrekkingen (III) en (IV). Andere gevolgtrekkingen zijn daaruit niet te maken.

Samenvatting van het behandelde.

52. Alvorens over te gaan tot de bijzondere hypothesen, die den grondslag uitmaken der verschillende electrodynamische theoriën, schijnt het ons wenschelijk de verkregen resultaten in 't kort samen te vatten.

a. De algemeene theorie der ponderomotorische krachtwerkingen gaat uit van de volgende onderstellingen:

Eerste hypothese. De ponderomotorische krachten die twee stroomelementen op elkaar uitoefenen, zijn evenredig met hunne lengtens en met de stroomsterkten der elektrische stroomen. Zij worden dus tegengesteld zoodra in *één* der beide elementen de stroomrichting omkeert.

Tweede hypothese. Behalve van lengte en stroomsterkte zijn deze krachten uitsluitend afhankelijk van de ligging der beide elementen ten opzichte van

elkaar zoodat derhalve tusschen de spiegelbeelden der elementen ook de spiegelbeelden der krachtwerkingen zullen bestaan.

Derde hypothese. Men mag de krachtwerkingen van twee elementen vervangen door die tusschen hunne zoogenaamde componenten.

Vierde hypothese. Alle krachtwerkingen tusschen stroomelementen worden in 't oneindige nul *.

Vijfde hypothese. De krachtwerkingen tusschen *gesloten* stroomen zijn zooals de theorie van AMPÈRE ze doet verwachten. De potentiaalwet van F. NEUMANN voor gesloten stroomen is dus juist.

Zesde hypothese. De resultante der krachten uitgeoefend door gesloten stroomen op een onvolkomen element staat loodrecht op dat element. Koppels, wier assen loodrecht op het element staan, zijn er niet. (Proeven van v. ETTINGHAUSEN).

b. De algemeene theorie bewijst dan dat de krachtwerkingen van stroomelementen (volledig of onvolledig) afhankelijk zijn van zeven functiën van den afstand:

$$P,\ C,\ (D),\ E,\ (F),\ G,\ (H)$$

Zij voert in de hulpfunctie:

$$P = \int_r^\infty \frac{B - G - E + C}{r^2}\, dr \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathrm{I}^b)$$

c. Uit de krachtwerkingen van gesloten stroomen op elkander volgen nu de beide voorwaarden:

$$C - Pr = \frac{A^2}{r^2}, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathrm{I}^c)$$

$$r\frac{d(D)}{dr} - (F) - (H) - Gr - Pr^2 + \frac{A^2}{r} = 0. \ldots\ldots\ldots\ldots (\mathrm{II}^c)$$

Geene andere betrekkingen kunnen met mogelijkheid uit de krachtwerkingen van gesloten stroomen op elkaar worden afgeleid.

---

* Deze hypothese is slechts schijnbaar in strijd met de hypothese van HELMHOLTZ dat tusschen stroomeinden krachten onafhankelijk van den afstand zouden werkzaam zijn. Ieder stroomelement heeft *twee* stroomeinden en de *resulteerende* krachten en koppels dezer beide stroomeinden naderen in 't oneindige tot nul. Hierop is door HELMHOLTZ zelve gewezen. CRELLE, Bd. 78. 1874. pag. 278.

d. Uit de werking van gesloten stroomen op een onvolledig stroomelement volgen de beide nieuwe betrekkingen:

$$C - G - 2\,Pr = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{I}d)$$

$$(D) + (H) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{II}^d)$$

Andere betrekkingen zullen uit de werking van gesloten stroomen op beweegbare (onvolledige) gedeelten van stroomen niet kunnen worden afgeleid.

De betrekkingen (I^d) en (II^f) geven, gecombineerd met (I^c) en (II^c), nog aanleiding tot de volgende eenvoudige betrekkingen die dus moeten gelden voor de werking van volledige en onvolledige elementen *op* onvolledige:

$$G + Pr = \frac{A^2}{r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{III}^d)$$

$$r\frac{d(D)}{dr} - (F) + (D) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{IV}^d)$$

e. Er is eenige reden de betrekking (II^d) ook voor volledige stroomelementen aan te nemen.

f. De hypothese der gelijkheid van actie en reactie levert de beide voorwaarden:

$$E = G, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{I}f)$$

$$(H) + (F) = Er = Gr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\mathrm{II}^f)$$

53. Thans willen wij trachten in het licht der algemeene theorie de verschillende bijzondere theoriën te beschouwen die ontstaan door het toevoegen van nieuwe hypothesen aan die op welke de algemeene theorie steunt.

Wij beginnen met die welke betrekking hebben op de werking van onvolledige elementen op elkander. Voor onvolledige elementen zijn tusschen de zeven functiën *vier* betrekkingen bekend, namelijk: (I^c), (II^c), (I^d), en (II^d) of zoo men liever wil (I^d), (II^d), (III^d) en (IV^d), zoodat nog drie onbepaalde functiën overblijven. Wil men ook nog de wet der gelijkheid van actie en reactie aannemen dan zou nog slechts ééne onbepaalde functie overblijven, die eindelijk geheel verdwijnt als men nog aanneemt dat op onvolledige elementen geene koppels werkzaam zijn.

Hypothese van Ampère.

54. De bijzondere hypothese door Ampère toegevoegd aan de hypothesen der

algemeene theorie is deze dat uitsluitend krachten in de verbindingslijn mogelijk zijn. Zij onderstelt dus *à priori*:

$$(D) = 0,\ E = 0,\ (F) = 0,\ G = 0,\ (H) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (139)$$

derhalve (I^b):

$$P = \int_r^\infty \frac{B + C}{r^2}\, dr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (140)$$

Uit (II^c) volgt:

$$P = \frac{A^2}{r^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (141)$$

en daarna uit (I^c):

$$C = \frac{2\,A^2}{r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (142)$$

maar uit (140) blijkt:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{B + C}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (143)$$

en daaruit volgt:

$$B = \frac{A^2}{r^2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (144)$$

Wat volkomen in overeenstemming is met de krachtwerkingen door AMPÈRE tusschen twee stroomelementen aangegeven.

55. Dewijl bij de berekening uit de hypothese van AMPÈRE van de beide functiën B en C alleen van de voorwaarden (I^c) en (II^c), afgeleid uit de krachtwerking van gesloten stroomen op elkander, is gebruik gemaakt, zoo blijkt hier op nieuw de juistheid der opmerking van C. NEUMANN dat — eenmaal de hypothese van AMPÈRE aangenomen — zijne gansche theorie bewezen kan worden uitsluitend uit de krachtwerkingen van gesloten stroomen op elkander.

Hypothese van GRASZMANN.

56. De bijzondere hypothese door GRASZMANN gekozen, bestaat daarin dat alle ponderomotorische krachten loodrecht staan op het element waarop ze werken. Koppels worden niet aangenomen.

Gaat men de verschillende fundamentaalgevallen na dan volgt uit deze hypothese onmiddellijk:

$$B = 0,\ (D) = 0,\ E = 0,\ (F) = 0,\ (H) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (145)$$

Voorts moet in § 20, formule (36), de kracht X identisch nul zijn. Dit vereischt — nevens (145) — de voorwaarde:

$$C = G, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (146)$$

maar dan is (zie (I^b)):

$$P = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (147)$$

en dan geeft eindelijk de voorwaarde (I^c):

$$C = G = \frac{A^2}{r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (148)$$

waarmede dan echter ook tevens aan alle betrekkingen geldig voor onvolledige elementen is voldaan; zoodat de hypothese van GRASZMANN nu in overeenstemming blijkt te zijn met alle waargenomen krachtwerkingen voor gesloten stroomen op elkander of op beweegbare gedeelten van gesloten stroomen.

Daarenboven blijkt de hypothese in strijd met (I^f) dus met de wet van gelijkheid van actie en reactie, zooals te verwachten was.

Hypothese van STEFAN.

57. Reeds in de inleiding hebben wij opgemerkt dat door STEFAN bij zijne poging om de theoriën van AMPÈRE en GRASZMANN in eene algemeene theorie op te nemen, de hypothese is ingevoerd dat alle ponderomotorische krachten omgekeerd evenredig zijn met het vierkant van den afstand.

Door vergelijking zijner fundamentaalgevallen met de onze, blijkt dat STEFAN onderstelt:

$$B = \frac{a}{r^2},\ C = -\frac{b}{r^2},\ E = \frac{d}{r^2},\ G = \frac{c}{r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (149)$$

terwijl door hem op de koppels geen acht is geslagen en deze zelfs indirekt als niet bestaande worden beschouwd. Ten einde dus volledige overeenstemming met de uitkomsten van STEFAN te verkrijgen moet men nog stellen:

$$(D) = 0,\ (F) = 0,\ (H) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (150)$$

Men vindt nu uit (I^b):

$$P = \int_r^\infty \frac{a-b-c-d}{r^4}\,dr = \frac{a-b-c-d}{3r^3} \quad \ldots\ldots \quad (151)$$

Daarom volgt nu uit (I^c):

$$a + 2b - c - d = -3A^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (152)$$

't welk overeenstemt met de formule van STEFAN op pag. 698 van zijne in de inleiding geciteerde verhandeling, indien men bedenkt dat bij STEFAN:

$$A^2 = \tfrac{1}{2}$$

genomen wordt.

Op gelijke wijze volgt uit (II^c):

$$a - b + 2c - d = 3A^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (153)$$

of, optellende bij (152):

$$2a + b + c - 2d = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (154)$$

wat overeenstemt met STEFAN's formule op pag. 697 zijner verhandeling, welke formule daar (zie pag. 718—722) inderdaad is afgeleid uit de koppels die gesloten stroomen op elkander uitoefenen. Daar ter plaatse is die formule echter afhankelijk van de hypothese dat tusschen stroomelementen geene richtende koppels werkzaam zijn. Zonder de invoering dier hypothese volgt dus eigenlijk uit (II^c):

$$r\cdot\frac{d(D)}{dr} - (F) - (H) = \frac{a-b+2c-d-3A^2}{r} = \frac{2a+b+c-2d}{r} \quad \ldots\ldots \quad (155)$$

58. Daarentegen volgt de betrekking (154) onmiddellijk uit (I^d), d. w. z. uit het gedrag van een stroomelement onder den invloed van gesloten stroomen. Uit (155) zou men dus mogen afleiden:

$$r\cdot\frac{d(D)}{dr} - (F) - (H) = 0\,; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (156)$$

wat echter reeds overeenstemt met (IV^d), lettende op (II^d).

Voor verdere beschouwingen omtrent de eenvoudige ponderomotorische wetten, die men naast die van AMPÈRE en GRASZMANN aannemen kon, verwijzen wij naar STEFAN's verhandeling, pag. 765.

59. Wellicht ware het meer rationeel naast de hypothese van STEFAN, in plaats van de voorwaarden (150), de onderstelling in te voeren dat de koppelwerkingen alle omgekeerd evenredig waren met de *eerste* macht van den afstand, derhalve:

$$(D) = \frac{e'}{r}, \qquad (F) = \frac{f'}{r}, \qquad (H) = \frac{g'}{r}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (157)$$

In dat geval zoude men uit (I^d), (II^d), (III^d) en (IV^d) geraken tot de betrekkingen:

$$a + 2b - c - d = -3A^2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (158)$$

$$2a + b + c - 2d = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (159)$$

$$f' = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (160)$$

$$e' + g' = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (161)$$

De voorwaarden (I^f) en (II^f) — actie gelijk reactie — gaan dan over in:

$$d = c, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (162)$$

$$f' + g' = d = c. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (163)$$

Wilde men nu bijv. ook die wet toelaten dan zouden tusschen de zeven constanten:

$$a,\ b,\ c,\ d,\ e',\ f',\ g'$$

zes betrekkingen bekend zijn. Men zou ze dus allen in ééne, bijv. c, kunnen uitdrukken. Dan ware:

$$\left.\begin{aligned} B &= \frac{A^2}{r^2} & (F) &= 0, \\ C &= \frac{2A^2 - c}{r^2}, & G &= \frac{c}{r^2}, \\ (D) &= -\frac{c}{r}, & (H) &= \frac{c}{r}, \\ I &= \frac{\quad}{r^2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (164)$$

wat, zooals wij zien zullen, overeenstemt met de theorie van WAND, echter voor

volledige elementen (zie § 72). De krachten werkzaam tusschen een transversaal en een longitudinaal element zouden dan — dewijl $f' = 0$ en $g' = d = c$ — vallen langs de lijn van het transversale element. De voorwaarde van 't ontbreken van zulke krachten, nam.:

$$c = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (165)$$

zoude terugvoeren tot de wet van AMPÈRE.

Algemeene potentiaaltheorie.

60. Thans willen wij de hypothese van HELMHOLTZ invoeren dat de krachtwerkingen tusschen stroomelementen, evenals die tusschen gesloten stroomen, eene potentiaal bezitten.

Uit de derde hypothese § 52 volgt dan onmiddellijk dat de potentiaal van twee elementen gevonden kan worden door de potentialen der componenten ten opzichte van elkander te sommeeren. Wij keeren dus terug tot de fundamentaalgevallen. Onder de potentiaal van twee elementen verstaan wij in overeenstemming met HELMHOLTZ * de arbeid die vrijkomt indien beide elementen op oneindigen afstand van elkander verwijderd worden. Laten wij die verwijdering langs de verbindingslijn plaats hebben dan wordt de potentiaal voor elk der fundamentaalgevallen zonder moeite bepaald. Met weglating weder van den factor:

$$\iota_1 \iota_2 \, ds_1 \, ds_2$$

vindt men: *in het eerste fundamentaalgeval* (§ 10):

$$-\int_r^\infty B \, dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (166)$$

in het tweede (§ 11):

$$-\int_r^\infty C \, dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (167)$$

in het derde en vierde (§ 12 en § 13):

$$nul. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (168)$$

---

* CRELLE, Bd. 72, 1870, pag. 69.

Bestaat er derhalve voor stroomelementen eene potentiaal dan moet deze worden voorgesteld door de uitdrukking:

$$-\cos\theta_1\cos\theta_2\int_r^\infty B\,dr + \sin\theta_1\sin\theta_2\cos\eta\int_r^\infty C\,dr, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (169)$$

zooals door ontleding in de fundamentaalgevallen blijkt. Daarbij bezitten θ_1, θ_2 en η de beteekenis die omschreven is in § 15. Met behulp van (13) kan de potentiaal ook geschreven worden:

$$-\cos\varepsilon\int_r^\infty C\,dr - \cos\theta_1\cos\theta_2\int_r^\infty (B+C)\,dr. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (170)$$

61. Lettende op het derde en vierde fundamentaalgeval kunnen wij nu gemakkelijk de overige onbepaalde functiën:

$$(D),\ E,\ (F),\ G,\ (H), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (171)$$

in B en C uitdrukken; immers daar thans de potentiaal bekend is, zoo zijn ook alle krachten en koppels bekend.

Bij eene verandering $d\varepsilon$, $d\theta_1$, $d\theta_2$ — waarbij r onveranderd blijve — bedraagt de aangroeijing der potentiaal:

$$\Delta = [\sin\varepsilon\int_r^\infty C\,dr]d\varepsilon + [\sin\theta_1\cdot\cos\theta_2\int_r^\infty (B+C)\,dr]d\theta_1 + [\cos\theta_1\sin\theta_2\int_r^\infty B+C)dr]d\theta_2 \ldots (172)$$

derhalve moet om deze aangroeijingen te verkrijgen een arbeid Δ worden verricht.

In het derde fundamentaalgeval (§ 12) is:

$$\varepsilon = 90^0, \qquad \theta_1 = 90^0, \qquad \theta_2 = 90^0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (173)$$

derhalve:

$$\Delta = d\varepsilon\int_r^\infty C\,dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (174)$$

maar bij 't vergrooten van den hoek ε behoeft slechts het koppel (D) overwonnen te worden, derhalve:

$$(D) = \int_r^\infty C\,dr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (175)$$

In het vierde fundamentaalgeval is, als ds_1 het transversale element voorstelt,

$$\varepsilon = 90^0, \qquad \theta_1 = 90^0, \qquad \theta_2 = 0^0, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (176)$$

derhalve is:

$$\Delta = d\varepsilon \int_r^\infty C\,dr + d\theta_1 \int_r^\infty (B + C)\,dr. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (177)$$

Verplaatsen wij nu het transversale element een kleinen afstand δ in eigen richting, dan blijft daarbij ε onveranderd, terwijl:

$$d\theta_1 = \frac{\delta}{r}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (178)$$

Voor die verplaatsing is dus noodig een arbeid:

$$\Delta = +\frac{\delta}{r} \cdot \int_r^\infty (B + C)\,dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (179)$$

maar bij die verplaatsing komt uitsluitend de kracht E in werking en men vindt dus:

$$E = -\frac{1}{r} \int_r^\infty (B + C)\,dr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (180)$$

Draaijen wij het transversale element zoodanig dat ε toeneemt met $d\varepsilon_1$, dan neemt tevens θ_1 af met dezelfde waarde, zoodat:

$$d\theta_1 = -d\varepsilon, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (181)$$

bedenkt men nu dat bij deze draaijing het koppel (F) optreedt, dan vindt men zonder moeite:

$$(F) = -\int_r^\infty B\,dr. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (182)$$

Met behulp van eene oneindig kleine verplaatsing en eene oneindig kleine draaijing van het longitudinale element vindt men eindelijk:

$$G = -\frac{1}{r} \int_r^\infty (B + C)\,dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (183)$$

$$(H) = -\int_r^\infty C\,dr, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (184)$$

zoodat daarmede de vijf functiën (171) uitgedrukt zijn in B en C.

62. Kiest men liever de functiën (D) en (F) als de onbepaalde functiën waarin de overigen worden uitgedrukt, dan vindt men:

$$\left.\begin{aligned} B &= \frac{d(F)}{dr} \\ C &= -\frac{d(D)}{dr} \\ E &= \frac{(F)-(D)}{r} \\ G &= \frac{(F)-(D)}{r} \\ H &= -(D) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (185)$$

waarbij de potentiaal (170) wordt voorgesteld door:

$$-(D)\cos\varepsilon - [(D)-(F)]\cos\theta_1\cos\theta_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (186)$$

Wat verder betreft de hulpfunctie P uit (I^b) blijkt dat hier:

$$P = \int_r^\infty \left[\frac{1}{r^2}\cdot\frac{d(F)}{dr} - \frac{2(F)}{r^3} + \frac{2(D)}{r^3} - \frac{1}{r^2}\cdot\frac{d(D)}{dr}\right] dr, \quad \ldots\ldots \quad (187)$$

maar deze integratie is uitvoerbaar en men vindt:

$$P = -\frac{(F)-(D)}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (188)$$

63. De voorwaarden (I^c) en (II^c) voeren door substitutie van (185) en (188) beiden tot dezelfde betrekking:

$$r\cdot\frac{d(D)}{dr} - (F) + (D) + \frac{d^2}{r} = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (189)$$

zoodat nog slechts ééne onbepaalde functie overblijft. Is overigens deze voorwaarde vervuld, dan geeft de potentiaaltheorie behoorlijk rekenschap van de werkingen van gesloten stroomen op elkander.

De voorwaarde (II^d) is reeds van zelve vervuld; maar de voorwaarde (I^d) voert tot de betrekking:

$$r \cdot \frac{d(D)}{dr} - (F) + (D) = 0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (190)$$

waaruit in verband met (189) volgen zou:

$$A = 0,$$

maar dan zouden alle krachtwerkingen tusschen gesloten stroomen *nul* zijn. Dit is met de werkelijkheid in strijd en het blijkt dus, *dat de krachtwerkingen tusschen onvolledige elementen geene potentiaal bezitten kunnen* *.

64. Ten einde de overeenkomst van de hier ontwikkelde potentiaaltheorie met de meest algemeene † van HELMHOLTZ aan te toonen maken wij gebruik van de bekende betrekkingen §:

$$\cos\theta_1 = -\frac{\delta r}{\delta s_1}, \qquad \cos\theta_2 = -\frac{\delta r}{\delta s_2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (191)$$

$$\cos\varepsilon = -r\frac{\delta^2 r}{\delta s_1 \delta s_2} - \frac{\delta r}{\delta s_1}\cdot\frac{\delta r}{\delta s_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (192)$$

Voor de potentiaal (186) mogen wij dan schrijven:

$$(D) \cdot r \cdot \frac{\delta^2 r}{\delta s_1 \delta s_2} + (F) \cdot \frac{\delta r}{\delta s_1}\cdot\frac{\delta r}{\delta s_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (193)$$

---

* Daar bewegelijke gedeelten van een gesloten geleider moeten geacht worden te bestaan uit onvolledige elementen zal eene potentiaaltheorie nimmer onmiddellijk rekenschap kunnen geven van de krachtwerkingen op zulke gedeelten van stroomen, dus *noch* van de proef van VON ETTINGHAUSEN § 46, *noch* van de bekende rotatieproeven. HELMHOLTZ wijst dan ook (CRELLE, 78, 1874, pag. 306) zelve aan de correctiekrachten die in zulke gevallen moeten worden aangebracht. Aldaar reg. 8—9 en op pag. 304, reg. 16—19 geeft HELMHOLTZ vrij duidelijk te verstaan hoe men door behoorlijke onderscheiding tusschen volledige elementen (met stroomeinden) en onvolledige (zonder stroomeinden) de theorie der „Gleitstellen" vermijden kan. Deze weg is door ons bij 't uiteenzetten der potentiaaltheorie gevolgd. Dat overigens in de „Gleitstellen" niets bijzonders gebeurd bewijzen de proeven van ZÖLLNER. Het bleek mij echter ook niet dat HELMHOLTZ aan de correctiekrachten op pag. 306, reg. 8—11 in de „Gleitstellen" aan te brengen, werkelijk bestaan toekent. Integendeel de aangehaalde plaatsen getuigen daartegen.

† CRELLE, Bd. 72, 1870, pag. 69.

§ Zie bijv. MAXWELL, *a Treatise on Electricity and Magnetism*, Vol. II, pag. 152.

of indien wij uit (189) (F) oplossen:

$$(D).r.\frac{\delta^2 r}{\delta s_1\,\delta s_2}+\left(r.\frac{d(D)}{dr}+(D)+\frac{A^2}{r}\right)\frac{\delta r}{\delta s_1}\frac{\delta r}{\delta s_2}, \quad \ldots\ldots\ldots (194)$$

of, gebruik makende van (192):

$$-\frac{A^2}{r}\cos\varepsilon+\left[\{(D).r-A^2\}\frac{\delta^2 r}{\delta s_1\,\delta s_2}+\left\{r.\frac{d(D)}{dr}+(D)\right\}\frac{\delta r}{\delta s_1}.\frac{\delta r}{\delta s_2}\right], \quad \ldots (195)$$

waarvoor men weder schrijven kan:

$$-\frac{A^2}{r}\cos\varepsilon+\frac{\delta\left[\{(D).r-A^2\}\frac{\delta r}{\delta s_1}\right]}{\delta s_2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (196)$$

Stelt men nu:

$$\int\{(D).r-A^2\}\,dr=\varphi, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (197)$$

waarin φ eene zekere functie van r voorstelt, dan gaat de potentiaal over in:

$$-\frac{A^2}{r}\cos\varepsilon+\frac{\delta^2\varphi}{\delta s_1\,\delta s_2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (198)$$

of eigenlijk, den weggelaten factor neerschrijvende, in:

$$\left[-\frac{A^2}{r}\cos\varepsilon+\frac{\delta^2\varphi}{\delta s_1\,\delta s_2}\right]\iota_1\,\iota_2\,ds_1\,ds_2. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (199)$$

Men ziet onmiddellijk dat deze uitdrukking voor gesloten stroomen de potentiaaluitdrukking van F. Neumann oplevert, verder dat zij volmaakt overeenstemt met de door Helmholtz t. a. p. pag. 72 en 74 opgegeven uitdrukking van de meest algemeene potentiaal tusschen stroomelementen.

65. Uit (197) wordt gevonden:

$$(D)=\frac{A^2+\varphi'}{r}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (200)$$

daarna volgt uit (189):

$$(F)=(D)+r\frac{d.(D)}{dr}+\frac{A^2}{r}=\frac{A^2+r\varphi''}{r}, \quad \ldots\ldots\ldots (201)$$

daarna kan men met behulp van (185) de overige functiën der algemeene potentiaaltheorie in φ uitgedrukt berekenen. Het blijkt dan dat eenige uitkomst door de algemeene theorie verkregen door de volgende substitutiën overgaat in de algemeene potentiaaltheorie door HELMHOLTZ aangeduid:

$$\left.\begin{aligned} B &= \frac{r^2 \cdot \varphi''' - A^2}{r^2}, & C &= \frac{A^2 + \varphi' - \varphi'' r}{r^2}, & (D) &= \frac{A^2 + \varphi'}{r}, \\ E &= \frac{r\varphi'' - \varphi'}{r^2}, & (F) &= \frac{A^2 + r\varphi''}{r}, & G &= \frac{r\varphi'' - \varphi'}{r^2}, \\ & & (H) &= -\frac{A^2 + \varphi'}{r}, & P &= \frac{\varphi' - r\varphi''}{r^3}. \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; (202)$$

66. De meer bijzondere potentiaaltheorie die door HELMHOLTZ uitvoeriger is uitgewerkt en die afhankelijk is van de tweede hypothese t. a. p. op pag. 74 ingevoerd, wordt uit de algemeene potentiaaltheorie verkregen door de substitutie:

$$\varphi = -\frac{1-k}{2} \cdot A^2 \cdot r \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (203)$$

en derhalve onmiddellijk uit de algemeene theorie door de substitutiën:

$$\left.\begin{aligned} B &= -\frac{A^2}{r^2}, & C &= \frac{1+k}{2} \cdot \frac{A^2}{r^2}, & (D) &= \frac{1+k}{2} \cdot \frac{A^2}{r}, \\ E &= \frac{1-k}{2} \cdot \frac{A^2}{r^2}, & (F) &= \frac{A^2}{r}, & G &= \frac{1-k}{2} \cdot \frac{A^2}{r^2}, \\ & & (H) &= -\frac{1+k}{2} \cdot \frac{A^2}{r}, & P &= -\frac{1-k}{2} \cdot \frac{A^2}{r^3}. \end{aligned}\right\} \; . \; . \; . \; . \; (204)$$

Krachtwerkingen van en op onvolledige elementen volgens de potentiaaltheorie van HELMHOLTZ.

67. HELMHOLTZ heeft in zijne potentiaaltheorie niet alleen rekenschap gegeven van de werkingen tusschen volledige elementen onderling maar ook van de werkingen van volledige op onvolledige, van onvolledige op volledige en van onvolledige elementen op elkander. Wij zullen zien hoe hij daarin slechts door het invoeren, bewust of onbewust, eener nieuwe hypothese is kunnen slagen. Vooraf willen wij eene nieuwe notatie invoeren.

Men heeft te onderscheiden vier gevallen:
1e. de werking van volledige elementen op volledige,
2e. de werking van volledige op onvolledige,
3e. de werking van onvolledige op volledige,
4e. de werking van onvolledige op onvolledige.
Bij ieder dezer vier gevallen komen de acht functiën:

$$B,\ C,\ (D),\ E,\ (F),\ G,\ (H),\ P$$

vóór. Tot nu toe bestond er geen gevaar voor misverstand, thans echter behooren wij bij iedere functie de vier gevallen te onderscheiden. Daarom zal $B_{v.v}$ voorstellen de functie B in het eerste geval, $B_{v.o}$ dezelfde functie in het tweede, $B_{o.v}$ in het derde, $B_{o.o}$ in het vierde geval. De waarde der functiën is in de door HELMHOLTZ uitgewerkte theorie voor het eerste geval reeds opgegeven. Men heeft namelijk blijkens (204):

$$\left.\begin{array}{llll} B_{v.v}=-\dfrac{A^2}{r^2}, & C_{v.v}=\dfrac{1+k}{2}\cdot\dfrac{A^2}{r^2}, & (D)_{v.v}=\dfrac{1+k}{2}\cdot\dfrac{A^2}{r}, & E_{v.v}=\dfrac{1-k}{2}\cdot\dfrac{A^2}{r^2}, \\ (F)_{v.v}=\dfrac{A^2}{r}, & G_{v.v}=\dfrac{1-k}{2}\cdot\dfrac{A^2}{r^2}, & (H)_{v.v}=-\dfrac{1+k}{2}\cdot\dfrac{A^2}{r}, & P_{v.v}=-\dfrac{1-k}{2}\cdot\dfrac{A^2}{r^3}. \end{array}\right\} \quad (205)$$

68. Het is hier de plaats niet om na te gaan op welke wijze HELMHOLTZ gekomen is tot de werking van volledige elementen op onvolledige *. Slechts willen wij opmerken dat in den loop der berekening stilzwijgend de hypothese is ingevoerd dat op een onvolledig element geene koppels werkzaam zijn †. Zonder die hypothese toch zoude formule (1^a) op pag. 285 zijner aangehaalde verhandeling foutief zijn, dewijl daarbij nog de arbeid door zulke koppels verricht zoude moeten worden gevoegd. Verder wijzen wij op het resultaat pag. 287 verkregen, dat de kracht werkzaam van een volledig op een onvolledig element steeds loodrecht zal staan op het onvolledige element. Daaruit en uit de afwezigheid van koppels blijkt dat de krachtwerking van een volledig op een onvolledig element volgens de potentiaaltheorie van HELMHOLTZ identisch is met

* CRELLE, Bd. 78, 1874 pag. 284—287.

† Het is natuurlijk mijne bedoeling niet de rechtmatigheid dezer hypothese te bestrijden. Integendeel ik erken dat met de gangbare opvattingen omtrent het wezen van den electrischen stroom koppels werkzaam op onvolledige elementen moeilijk vereenigbaar zijn. Toch blijft het een hypothese die afzonderlijke vermelding zoude behoeven en wier invoering mij slechts eene niet noodzakelijke beperking der algemeenheid voorkwam.

de krachtwerkingen door GRASZMANN gevonden, zooals dan ook door HELMHOLTZ t. a. p. wordt opgemerkt.

In de potentiaaltheorie is derhalve:

$$\left.\begin{array}{llll} B_{v.o}=0, & C_{v.o}=\frac{A^2}{r^2}, & (D)_{v.o}=0, & E_{v.o}=0, \\ (F)_{v.o}=0, & G_{v.o}=\frac{A^2}{r^2}, & (H)_{v.o}=0, & P_{v.o}=0. \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots (206)$$

69. HELMHOLTZ erkent de wet van actie en reactie. Wij zullen derhalve met behulp van die wet thans ook de werking van een onvolledig op een volledig element kunnen berekenen. Volgens de wet van actie en reactie vindt men namelijk, indien men achtereenvolgens de vier fundamentaalgevallen onderzoekt:

$$\left.\begin{array}{l} B_{o.v}=B_{v.o},\quad C_{o.v}=C_{v.o},\quad E_{o.v}=G_{v.o},\quad G_{o.v}=E_{v.o},\quad (D)_{o.v}=(D)_{v.o}, \\ (F)_{o.v}+(H)_{v.o}=G_{v.o}\,.\,r=E_{o.v}\,.\,r,\qquad (F)_{v.o}+(H)_{o.v}=G_{o.v}\,.\,r=E_{v.o}\,.\,r \end{array}\right\} \ldots (207)$$

Daaruit volgt:

$$\left.\begin{array}{llll} B_{o.v}=0, & C_{o.v}=\frac{A^2}{r^2}, & (D)_{o.v}=0, & E_{o.v}=\frac{A^2}{r^2}, \\ (F)_{o.v}=\frac{A^2}{r}, & G_{o.v}=0, & (H)_{o.v}=0, & P_{o.v}=0 \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots (208)$$

Op een volledig element werken dus wel degelijk koppels. De uitdrukkingen (208) voldoen naar behooren aan (I^c) en (II^c). Ze voldoet ook aan (II^d), maar niet aan (I^d). Dit behoeft ook niet, want de krachtwerkingen van een gesloten stroom op een *volledig* element zijn onbekend.

70. Voor de werking tusschen onvolledige elementen vindt HELMHOLTZ de wet van AMPÈRE, derhalve:

$$\left.\begin{array}{llll} B_{o.o}=\frac{A^2}{r^2}, & C_{o.o}=\frac{2A^2}{r^2}, & (D)_{o.o}=0, & E_{o.o}=0, \\ (F)_{o.o}=0, & G_{o.o}=0, & (H)_{o.o}=0, & P_{o.o}=\frac{A^2}{r^3} \end{array}\right\} \ldots\ldots\ldots (209)$$

Door de substituties (205), (206), (208) en (209) is men derhalve in staat ieder met de algemeene theorie verkregen resultaat onmiddellijk om te zetten in de potentiaaltheorie van HELMHOLTZ.

71. Wenscht men de krachtwerkingen die in deze potentiaaltheorie tusschen

volkomen elementen worden aangenomen, verder te ontleden, dan kan men onderscheiden 1e de vereenigde werking der beide stroomeinden van een volledig element op een onvolledig stroomelement. Men vindt:

$$\left.\begin{aligned} &B_{v.o}-B_{o.o}=-\frac{A^2}{r^2},\quad C_{v.o}-C_{o.o}=-\frac{A^2}{r^2},\quad (D)_{v.o}-(D)_{o.o}=0,\quad E_{v.o}-E_{o.o}=0,\\ &(F)_{v.o}-(F)_{o.o}=0,\quad G_{v.o}-G_{o.o}=\frac{A^2}{r^2},\quad (H)_{v.o}-(H)_{o.o}=0,\quad P_{v.o}-P_{o.o}=-\frac{A^2}{r^2}. \end{aligned}\right\} \quad (210)$$

2e de werking van een onvolledig stroomelement op de stroomeinden van een volledig:

$$\left.\begin{aligned} &B_{o.v}-B_{o.o}=-\frac{A^2}{r^2},\quad C_{o.v}-C_{o.o}=-\frac{A^2}{r^2},\quad (D)_{o.v}-(D)_{o.o}=0,\quad E_{o.v}-E_{o.o}=\frac{A^2}{r^2},\\ &(F)_{o.v}-(F)_{o.o}=\frac{A^2}{r},\quad G_{o.v}-G_{o.o}=0,\quad (H)_{o.v}-(H)_{o.o}=\frac{A^2}{r},\quad P_{o.v}-P_{o.o}=-\frac{A^2}{r}, \end{aligned}\right\} \quad (211)$$

3e de werking van de beide stroomeinden van een volledig stroomelement op de stroomeinden van een ander volledig element. Daarvoor vindt men:

$$\left.\begin{aligned} &B_{v.v}-B_{v.o}-B_{o.v}+B_{o.o}=0,\qquad C_{v.v}-C_{v.o}-C_{o.v}+C_{o.o}=\frac{1+k}{2}\cdot\frac{A^2}{r^2},\\ &(D)_{v.v}-(D)_{v.o}-(D)_{o.v}+(D)_{o.o}=\frac{1+k}{2}\cdot\frac{A^2}{r},\quad E_{v.v}-E_{v.o}-E_{o.v}+E_{o.o}=-\frac{1+k}{2}\cdot\frac{A^2}{r^2},\\ &(F)_{v.v}-(F)_{v.o}-(F)_{o.v}+(F)_{o.o}=0,\qquad G_{v.v}-G_{v.o}-G_{o.v}+G_{o.o}=-\frac{1+k}{2}\cdot\frac{A^2}{r^2},\\ &(H)_{v.v}-(H)_{v.o}-(H)_{o.v}+(H)_{o.o}=-\frac{1+k}{2}\cdot\frac{A^2}{r},\quad P_{v.v}-P_{v.o}-P_{o.v}+P_{o.o}=-\frac{1+k}{2}\cdot\frac{A^2}{r}, \end{aligned}\right\} \quad (212)$$

4e de werking der onvolledige elementen op elkander. Deze is reeds aangegeven (209).

De krachtwerkingen (210), (211) en (212) kan men ook afleiden uit de door HELMHOLTZ t. a. p. pag. 291 en 292 opgegeven krachten werkzaam tusschen stroomeinden en stroomelementen. Inderdaad worden op die wijze dezelfde uitkomsten verkregen en dit is de proef op de som dat de potentiaaltheorie van HELMHOLTZ door de formules (205), (206), (208) en (209) juist wordt weergegeven. De berekeningen zijn gemakkelijk te verrichten, waartoe men slechts de vier fundamentaalgevallen ieder afzonderlijk te beschouwen heeft.

Theorie van WAND.

72. Door TH. WAND * is eene theorie voor de electrodynamische werkingen vastgesteld, waarbij tusschen onvolledige stroomelementen de krachtwerkingen van AMPÈRE worden aangenomen. Krachtwerkingen tusschen stroomeinden en onvolledige stroomelementen worden niet toegelaten, daarentegen wordt ondersteld dat twee stroomeinden waar gelijksoortige electriciteit tot rust komt elkaar afstooten met een kracht gelijk aan:

$$c' A^2 \iota_1 \iota_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (213)$$

dus onafhankelijk van den afstand.

Dewijl HELMHOLTZ tusschen twee dergelijke stroomeinden eene aantrekkende kracht:

$$\frac{1+k}{2} \cdot A^2 \iota_1 \iota_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (214)$$

onderstelt, zoo zal men de WAND'sche krachtwerkingen tusschen de vier stroomeinden van twee volledige elementen kunnen vinden door in (212) overal: $\frac{1+k}{2}$ te vervangen door $-c'$. Telt men deze krachtwerkingen op bij die van AMPÈRE (209), dan vindt men de krachtwerkingen tusschen twee volledige elementen volgens de theorie van WAND, nam.:

$$\left.\begin{array}{llll} B_{v.v} = \frac{A^2}{r^2}, & C_{v.v} = (2-c')\frac{A^2}{r^2}, & (D)_{v.v} = -c' \cdot \frac{A^2}{r}, & E = c' \cdot \frac{A^2}{r^2}, \\ (F) = 0, & G = c' \frac{A^2}{r^2}, & (H) = c' \frac{A^2}{r}, & P = (1-c')\frac{A^2}{r^3} \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (215)$$

Dewijl stroomeinden niet op onvolledige stroomelementen werken zijn de krachtwerkingen tusschen volledige en onvolledige elementen gelijk aan die tusschen onvolledige.

De krachtwerkingen (215) voldoen ook aan (I^d) en mogen dus ook tusschen onvolledige stroomelementen aangenomen worden, indien men ten minste daartusschen koppelwerkingen toelaten wil. Inderdaad stemmen ze overeen met die van § 59, form. (164), zooals blijkt door de substitutie:

$$c = c' A^2. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (216)$$

---

* *Rep. der experim. Phys.* Bd. 10. 1874.

De electrodynamische theoriën van WEBER *en* CLAUSIUS.

73. De theorie van WEBER voert — zooals bekend is — voor onvolledige stroomelementen tot de wetten van AMPÈRE. Het zal noodig zijn te onderzoeken welke krachtwerkingen die theorie voor volledige stroomelementen aangeeft. Een volledig element onderscheidt zich van een onvolledig door de aanwezigheid van twee stroomeinden waar electriciteit plotseling tot rust komt. Wij zullen dus moeten beginnen met na te gaan de krachtwerking van twee electrische moleculen e_1 en e_2 op elkaar waarvan één of die beiden in uiterst korten tijd τ tot rust komen. Het is duidelijk dat die krachtwerking een zeer korten tijd zal aanhouden maar zeer groot zal zijn — dus een stootwerking of impulsie. Gedurende den tijd dat ze werkt zal ze de krachtwerking die een gevolg is van de snelheid der electrische moleculen verre overtreffen, zoodat deze buiten rekening mag worden gelaten en voor de kracht:

$$\frac{k e_1 e_2}{r^2}\left\{1-\frac{1}{c_1^2}\cdot\left(\frac{dr}{dt}\right)^2+\frac{2}{c_1^2}\,r\,\frac{d^2r}{dt^2}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (217)$$

zal mogen geschreven worden:

$$\frac{k e_1 e_2}{r}\cdot\frac{2}{c_1^2}\cdot\frac{d^2r}{dt^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (218)$$

Nu verbindt WEBER aan zijne wet de hypothese dat een electrische stroom bestaat uit gelijke hoeveelheden positieve en negatieve electriciteit die in tegengestelde richtingen stroomen, zoodat overal de som der absolute hoeveelheden constant blijft. Bovendien heeft CLAUSIUS aangetoond * dat zonder deze hypothese de wet van WEBER tot onjuiste gevolgtrekkingen voert.

Gaat nu eenig positief molecuul e_2 van $\frac{dr}{dt}=v$ in zeer korten tijd over tot $\frac{dr}{dt}=0$ dan is er een snelheidsverlies v, dus een gemiddelde versnelling $-\frac{v}{\tau}$, derhalve een kracht:

$$-\frac{k e_1 e_2}{r}\cdot\frac{2}{c_1^2}\cdot\frac{v}{\tau} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (219)$$

Terzelfder tijd echter gaat een negatief molecuul $(-e_2)$ over van $\frac{dr}{dt}=0$ tot

* CRELLE, Bd. 82, 1877, pag. 89.

$\frac{dr}{dt} = -v$, dus op nieuw een snelheidsverlies v, dus een versnelling $-\frac{v}{\tau}$, en een kracht:

$$-\frac{k e_1 (-e_2)}{r} \cdot \frac{2}{c_1^2} \cdot \frac{v}{\tau} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (220)$$

Beide krachten heffen elkander echter op zoodat dus volgens de wet van WEBER volledige elementen geene andere ponderomotorische krachten uitoefenen dan onvolledige, dus beiden die van AMPÈRE.

74. CLAUSIUS laat bij het opstellen zijner algemeene electrodynamische wet * uitdrukkelijk de hypothese van WEBER los. Wij zullen zien dat zulks aanleiding geeft tot ponderomotorische krachten evenredig niet alleen met de intensiteit van het stroomeind, maar ook met de dichtheid der electriciteit in het punt waarop ze werken, zoodat dus stroomeinden electrisch geladen lichamen zouden aantrekken of afstooten.

Volgens de wet van CLAUSIUS zal voor de krachtwerking van plotseling tot rust komende electriciteit moeten geschreven worden:

$$X = -k e_1 e_2 \frac{d \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{dx_2}{dt}}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (221)$$

waarin $\frac{dx_2}{dt}$ de ontbondene der snelheid van e_2 volgens de X-as voorstelt. Bij overgang in den tijd τ van de snelheid u_2 tot nul is derhalve:

$$X = \frac{k e_1 e_2}{r} \cdot \frac{u_2}{\tau} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (222)$$

Is nu ι'_2 de intensiteit van den positieven stroom, dan is op ieder oogenblik een quantiteit $\iota'_2 \tau$ bezig tot rust te komen, zoodat men dus moet substitueeren $e_2 = \iota'_2 \tau$, dus:

$$X = \frac{k e_1 \iota'_2}{r} \cdot u'_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (223)$$

Als nu de negatieve electriciteit die zich in het stroomeind in beweging zet, een snelheid $-u'_2$ en een intensiteit ι''_2 bezit, dan voegt zich hieraan toe de kracht:

$$X = -\frac{k e_1 \iota''_2}{r} \cdot u''_2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (224)$$

* CRELLE, Bd. 82, 1877, pag. 85, POGG., *Ann. N. F.* Bd. 1, 1877, pag. 18.

derhalve te zamen:

$$X = \frac{k\varrho_1}{r}(\iota'_2 u'_2 - \iota'_2 u'_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (225)$$

Laat men de hypothese van WEBER toe, dan is

$$\iota'_2 = \iota''_2 \quad \text{en} \quad u'_2 = u''_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (226)$$

en de krachtwerking valt weg. Doet men dit niet en is er in het punt waarop de kracht werkt geen vrije electriciteit, dan valt evenzeer de krachtwerking weg. Is er echter een overschot ϱ_1 van positieve electriciteit, dan is:

$$X = \frac{k\varrho_1}{r}(\iota'_2 u'_2 - \iota''_2 . u''_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (227)$$

of volgens de hypothese van C. NEUMANN dat $u''_2 = 0$:

$$X = \frac{k\varrho_1}{r}\iota_2 u_2 = \frac{k u_2}{r}\iota_2 \varrho_1. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (228)$$

Afgezien echter van zulke krachtwerkingen evenredig met de dichtheid, geeft ook de theorie van CLAUSIUS voor volkomen en onvolkomen stroomelementen dezelfde krachtwerkingen, namelijk die van GRASZMANN.

De invloed der diëlectrische polarisatie.

75. Het is duidelijk dat het bestaan eener diëlectrische polarisatie aan onze formules geen schade doet zoolang men althans aanneemt dat, ook wat de diëlectrische polarisatie betreft, de werking der verschillende elementen van een electrischen stroom onafhankelijk is van elkander en dus de werking van een open of gesloten stroom gelijk is aan de som der werkingen zijner elementen. Denken wij ons dan zulk een element met het omringende homogeene diëlectrische medium dan zullen *èn* de krachtwerking van het element alléén *èn* ook de krachtwerking van het element plus die der stroomen in het medium door het element veroorzaakt, moeten gehoorzamen aan dezelfde wetten van symmetrie die toegepast zijn in de vier fundamentaalgevallen. Natuurlijk zullen echter de functiën B, C, (D), E, (F), G, (H) verschillende waarden verkrijgen naar gelang men de diëlectrische polarisatie-stroomen medetelt of niet. Zoo zouden bijv. tusschen de enkele elementen de wet van AMPÈRE, tusschen een element plus zijne diëlectrische polarisatiestroomen en een ander element de wet van GRASZMANN kunnen gelden.

Natuurlijk hebben wij daarbij volledige elementen op 't oog.

Stootwerking eener statische ontlading.

76. Wordt een der stroomen vervangen door eene statische ontlading dan zal men niet meer de krachten en koppels zelve, maar hunne impulsies te berekenen hebben. In plaats van:

$$\iota_1\,\iota_2\,X\,ds_1\,ds_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (229)$$

bijv.:

$$\int \iota_1\,\iota_2\,X\,ds_1\,ds_2\,dt, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (230)$$

maar dewijl ι_1, X, ds_1 en ds_2 van den tijd onafhankelijk zijn, zoo zal men mogen schrijven

$$\iota_1\,X\,ds_1\,ds_2 \int \iota_2\,dt, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (231)$$

maar nu is

$$\int \iota_2\,dt = q, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (232)$$

waarin q de hoeveelheid electriciteit der ontlading voorstelt. De impulsie wordt dus:

$$\iota_1\,q\,X\,ds_1\,ds_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (233)$$

De impulsies der statische ontlading worden dus afgeleid uit de krachten en koppels werkzaam tusschen electrische stroomen door de substitutie

$$\iota_2 = q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (234)$$

en het is juist de uiterste geringe waarde van q voor eene krachtige statische ontlading in vergelijking met de waarde van ι_2 van een zwakke galvanische stroom die de moeilijkheid uitmaakt van het bepalen der krachtwerkingen van open stroomen, resp. statische ontladingen.

Breda, 29 December 1878.

Naschrift. In de *Wien. Ber.* van Oktober 1878 komt voor eene verhandeling van MARGULES waarin de mogelijkheid van koppelwerkingen tusschen stroomelementen aangenomen wordt. Daarbij is echter over 't hoofd gezien de koppelwerking (D) van het derde fundamentaalgeval. Voert men in onze formules (II^d) en (IV^d) de — als men eenmaal koppelwerkingen toelaat — voorzeker ongerechtvaardigde hypothese $(D) = 0$ in, dan blijkt onmiddellijk:

$$(H) = 0\,, \quad (F) = 0$$

welk resultaat dan ook door MARGULES is verkregen en samengevat in de bewoordingen: »Wenn Transversalkräfte angenommen werden, so können sie nur in den afficirten Elementen selbst angreifen."

EENIGE OPMERKINGEN

NAAR

AANLEIDING VAN DE ALGEMEENE THEORIE

DER

PONDEROMOTORISCHE KRACHTEN

VAN Dr. D. J. KORTEWEG.

DOOR

J. D. VAN DER WAALS.

§ 1. In bovengenoemden arbeid worden door den schrijver voor de algemeene werking van twee stroomelementen op elkander in rekening gebracht 7 onbekende functiën van den afstand, nam. 4 krachten B, C, E en G en 3 koppels (D), (F) en (H), waartusschen, zooals hij aantoont, 2 betrekkingen bestaan moeten, ingeval wij als door de ervaring bewezen aannemen, dat de formulen van AMPÈRE voor de werking van gesloten stroomen op elkander geheel met de waarheid overeenkomen, terwijl nog 2 andere betrekkingen gevonden worden als wij eveneens als door de ervaring bewezen mogen aannemen, dat een gesloten stroom op een onvolledig stroomelement slechts een kracht uitoefent loodrecht op dat element.

Om tot deze 4 betrekkingen te geraken, berekent de schrijver de werking van oneindig kleine stroomen op elkander en op een stroomelement. Het kwam mij voor, dat daar de proeven genomen worden met stroomen van eindige afmetingen, het natuurlijker zou zijn de 4 genoemde betrekkingen af te leiden uit de werking van gesloten stroomen van eindige afmetingen. Het bleek mij alras, dat

die werking niet, zooals ik eerst vreesde, door zeer ingewikkelde formulen uitgedrukt wordt, maar onder zulken eenvoudigen en symmetrischen vorm kan gebracht worden, dat ik, zelfs al verschilt men met mijn opvatting omtrent de meerdere natuurlijkheid der methode, het als niet overbodig beschouw deze formulen voor de werking van gesloten stroomen op elkander weder te geven. Ik zal mij daarbij zooveel mogelijk aansluiten aan de notaties van de verhandeling van Dr. D. J. KORTEWEG.

§ 2. Uit de formulen (74) enz. van § 30 der genoemde verhandeling volgt voor de werking van een gesloten stroom op een anderen gesloten stroom, waarvan men de elementen dan natuurlijk willekeurig geplaatst moet denken:

$$X = \int_b^b dx_1 \int_a^a \frac{C - Pr}{r}(x_2 - x_1)\,dx_2 - \int_b^b dx_1 \int_a^a \frac{G + Pr}{r}(x_2 - x_1)\,dx_2$$
$$+ \int_b^b dy_1 \int_a^a \frac{C - Pr}{r}(x_2 - x_1)\,dy_2 - \int_b^b dy_1 \int_a^a \frac{G + Pr}{r}(y_2 - y_1)\,dx_2$$
$$+ \int_b^b dz_1 \int_a^a \frac{C - Pr}{r}(x_2 - x_1)\,dz_2 - \int_b^b dz_1 \int_a^a \frac{G + Pr}{r}(z_2 - z_1)\,dx_2 \ldots\ldots (1)$$

Door letterverschuiving vindt men de waarden der formulen (2) en (3) voor Y en Z.

Voegt men nu de termen van (1), waarin $\frac{C - Pr}{r}$ voorkomt bij elkander, dan verkrijgt men:

$$\int_b^b \int_a^a \frac{C - Pr}{r}(x_2 - x_1)\,(dx_1\,dx_2 + dy_1\,dy_2 + dz_1\,dz_2), \ldots\ldots (4)$$

terwijl de overige termen opleveren:

$$- \int_b^b \int_a^a \frac{G + Pr}{r}\,dx_2\,[(x_2 - x_1)\,dx_1 + (y_2 - y_1)\,dy_1 + (z_2 - z_1)\,dz_1]. \ldots (5)$$

Neemt men nu in aanmerking, dat

$$r^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2,$$

$$\frac{\delta r}{\delta x_1} = -(x_2 - x_1),$$

$$-r\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_1 = (x_2-x_1)\,dx_1 + (y_2-y_1)\,dy_1 + (z_2-z_1)\,dz_1$$

en

$$dx_1\,dx_2 + dy_1\,dy_2 + dz_1\,dz_2 = ds_1\,ds_2\cos\varepsilon,$$

dan kan (4) aldus geschreven worden:

$$-\int_b^b\int_a^a (C-Pr)\,\frac{\delta r}{\delta x_1}\,ds_1\,ds_2\cos\varepsilon$$

en (5) aldus:

$$\int_b^b\int_a^a (G+Pr)\,\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_1\,dx_2.$$

Bijgevolg is

$$X = \int_b^b\int_a^a -(C-Pr)\,\frac{\delta r}{\delta x_1}\,ds_1\,ds_2\cos\varepsilon - \int_b^b\int_a^a -(G+Pr)\,\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_1\,dx_2.$$

Neemt men nu een functie (M) van r zoodanig aan, dat

$$dM = -(C-Pr)\,dr$$

en een andere (N), zoodat

$$dN = -(G+Pr)\,dr,$$

dan wordt X van den volgenden vorm:

$$X = \int_b^b\int_a^a \frac{\delta M}{\delta x_1}\cos\varepsilon\,ds_1\,ds_2 - \int_b^b\int_a^a \frac{\delta N}{\delta s_1}\,ds_1\,dx_2.$$

Evenzoo zal men vinden

$$Y = \int_b^b\int_a^a \frac{\delta M}{\delta y_1}\cos\varepsilon\,ds_1\,ds_2 - \int_b^b\int_a^a \frac{\delta N}{ds_1}\,\delta s_1\,dy_2$$

en

$$Z = \int_b^b \int_a^a \frac{\delta M}{\delta z_1} \cos\varepsilon \, ds_1 \, ds_2 - \int_b^b \int_a^a \frac{\delta N}{\delta s_1} ds_1 \, dz_2.$$

Maar aangezien $\int_b^b \frac{\delta N}{\delta s_1} ds_1 = 0$ is, vereenvoudigen de waarden van X, Y en Z zich tot

$$X = \int_b^b \int_a^a \frac{\delta M}{\delta x_1} \cos\varepsilon \, ds_1 \, ds_2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

$$Y = \int_b^b \int_a^a \frac{\delta M}{\delta y_1} \cos\varepsilon \, ds_1 \, ds_2, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$Z = \int_b^b \int_a^a \frac{\delta M}{\delta z_1} \cos\varepsilon \, ds_1 \, ds_2. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

§ 3. Vergelijkt men deze uitkomsten met die, welke uit de theorie van AMPÈRE volgen (men zie bijv. BEER *Electrostatik und Electrodynamik*, pag. 259), dan ziet men, dat door $M = \frac{A^2}{r}$ te stellen een betrekking zal gevonden worden tusschen enkele der onbekende functiën, die, als zij vervuld is, rekenschap kan geven van de werking van gesloten stroomen op elkander. Deze betrekking geeft dus

$$C - Pr = + \frac{A^2}{r^2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Maar aangezien men uit de gelijkheid van de waarde van bepaalde integralen tusschen gegeven grenzen niet besluiten mag tot de gelijkheid der functiën, die onder het integraalteeken voorkomen, doet zich de vraag voor of de betrekking (9) behalve voldoende ook noodzakelijk is.

Bedenkt men echter, dat de integratie niet alleen tusschen bepaalde grenzen maar langs geheel willekeurig geplaatste krommen steeds dezelfde uitkomsten zal moeten geven, dan wordt de noodwendigheid der vergelijking (9) licht ingezien. Men kan ze daarenboven op de volgende wijze streng bewijzen. Ingeval nam. $C - Pr \gtrless \frac{A^2}{r^2}$ is, zal het verschil slechts een functie van r kunnen zijn, bijv.

$\varphi(r)$ en zal $\int\int \varphi(r) \frac{\delta r}{\delta x_1} ds_1 ds_2 \cos\varepsilon$ langs alle willekeurig geplaatste krommen geïntegreerd $= 0$ moeten zijn.

Nu is het mogelijk twee krommen zoo te plaatsen, dat ten minste voor dien stand geen functie van r de dubbele integratie gelijk nul kan maken.

Stellen wij bijv. twee cirkelvormige stroomen met gelijken straal beschreven in vlakken evenwijdig aan het YZ-vlak, zoodat de lijn, die de middelpunten verbindt loodrecht op deze vlakken staat, zoeken wij dan de waarde van $\int_b^b \frac{\varphi(r)}{r} ds_2 \cos\varepsilon$ voor een willekeurig element van den eersten stroom, dan zal zoo deze integraal een waarde $\gtrless 0$ heeft, de waarde van den dubbelen integraal $2\pi R\ (x_2 - x_1)$ maal deze waarde zijn.

Alleen dus als $\int_b^b \frac{\varphi(r)}{r} ds_2 \cos\varepsilon = 0$ is, zal $\int_a^a \int_b^b ds_1 ds_2 \cos\varepsilon \varphi(r) \frac{\delta r}{\delta x_1} = 0$ kunnen zijn, en omgekeerd. Maar daar $ds_2 \cos\varepsilon$ de projectie is van elk element van den tweeden stroom op het gekozen element van den eersten en dus $\int_b^b ds_2 \cos\varepsilon = 0$ is, zal $\int_b^b \frac{\varphi(r)}{r} ds_2 \cos\varepsilon$ niet gelijk nul kunnen zijn, daar de positieve termen van $\int_b^b ds_2 \cos\varepsilon$ allen met een, hetzij grooteren, hetzij kleineren factor vermenigvuldigd moeten worden dan de negatieve; deze laatsten zijn toch allen op een hetzij kleineren, hetzij grooteren afstand van het element ds_1 dan de eersten. Zelfs een functie van r, die bij eene willekeurige periode zou af- of toenemen, kan niet voldoen, daar de grootte des cirkels zoo gekozen kan worden, dat alle afstanden tot ds_1 binnen de grenzen vallen, waarin $\varphi(r)$ of afnemende of toenemende wezen zou. Alleen $\frac{\varphi(r)}{r}$ gelijk aan een constante zou voldoen kunnen, maar dat die constante gelijk 0 moet zijn volgt uit de hypothese, dat de krachtwerking op oneindigen afstand verdwijnt.

§ 4. Gaan wij nu over tot de berekening voor eindige gesloten stroomen van de componenten van het koppel, dat uit de koppelwerking tusschen de elementen voortkomt.

Uit de formulen (77), (78) en (79) van § 30 van KORTEWEG's verhandeling volgt:

$$(X) = \int_b^b dx_1 \int_a^a \frac{(D)+(H)}{r^2}(x_2-x_1)\{(z_2-z_1)\,dy_2-(y_2-y_1)\,dz_2\}$$

$$+\int_b^b dy_1\int_a^a \{(F_1)-\frac{(H)}{r^2}(y_2-y_1)^2+\frac{(D)}{r^2}(x_2-x_1)^2\}dz_2+\int_b^b dy_1\int_a^a\frac{(H)}{r^2}(y_2-y_1)(z_2-z_1)dy_2$$

$$-\int_b^b dy_1\int_a^a\frac{(D)}{r^2}(x_2-x_1)(z_2-z_1)dx_2$$

$$-\int_b^b dz_1\int_a^a\{(F_1)-\frac{(H)}{r^2}(z_2-z_1)^2+\frac{(D)}{r^2}(x_2-x_1)^2\}dy_2-\int_b^b dz_1\int_a^a\frac{(H)}{r^2}(z_2-z_1)(y_2-y_1)dz_2+$$

$$+\int_b^b dz_1\int_a^a\frac{(D)}{r^2}(y_2-y_1)(x_2-x_1)\,dx_2. \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Door letterverschuiving vindt men (Y) en (Z) als formule (11) en (12). Voegt men de termen bijeen, waarin (F_1) voorkomt, dan vindt men:

$$\int_b^b\int_a^a (F_1)(dy_1\,dz_2-dz_1\,dy_2). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Voegt men de termen bijeen, waarin (H) voorkomt, dan vindt men:

$$\int_b^b\int_a^a\frac{(H)}{r^2}\{z_2-z_1)\,dy_2-(y_2-y_1)\,dz_2\}\{(x_2-x_1)\,dx_1+(y_2-y_1)\,dy_1+(z_2-z_1)\,dz_1\}$$

waarvoor geschreven kan worden:

$$\int_b^b\int_a^a\frac{(H)}{r}\times-\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_1\{(z_2-z_1)\,dy_2-(y_2-y_1)\,dz_2\}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Voert men een functie (H_1) in, die tot (H) in gelijke betrekking staat, als (F_1) tot (F), zoodat:

$$d(H_1) = -\frac{(H)}{r}\,dr$$

dan wordt (14) aldus geschreven:

$$\int_b^b\int_a^a\frac{\delta(H_1)}{\delta s_1}\,ds_1\{(z_2-z_1)\,dy_2-(y_2-y_1)\,dz_2\}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

waarvoor na partiële integratiën gevonden wordt:

$$-\int_b^b \int_a^a (H_1)\,(dy_1\,dz_2 - dz_1\,dy_2). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Voegt men de termen eindelijk bijeen, waarin (D) voorkomt, dan vindt men:

$$\int_b^b \int_a^a \frac{(D)}{r^2}\,(x_2 - x_1) \begin{vmatrix} x_2 - x_1, & dx_1, & dx_2 \\ y_2 - y_1, & dy_1, & dy_2 \\ z_2 - z_1, & dz_1, & dz_2 \end{vmatrix} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Substitueert men in (17) voor $(x_2 - x_1)^2$ de waarde: $r^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$ en schrijft men voor $(x_2 - x_1)\,dx_1$ de waarde:

$$(x_2 - x_1)\,dx_1 = -r\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_1 - (y_2 - y_1)\,dy_1 - (z_2 - z_1)\,dz_1$$

en evenzoo:

$$(x_2 - x_1)\,dx_2 = r\frac{\delta r}{\delta s_2}\,ds_2 - (y_2 - y_1)\,dy_2 - (z_2 - z_1)\,dz_2,$$

dan valt (17) in de volgende 3 deelen uiteen:

$$\int_b^b \int_a^a (D)\,(dy_1\,dz_2 - dz_1\,dy_2), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (a)$$

$$\int_b^b \int_a^a -\frac{(D)}{r}\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_1\,\{(z_2 - z_1)\,dy_2 - (y_2 - y_1)\,dz_2\}, \quad \ldots\ldots \quad (b)$$

$$\int_b^b \int_a^a -\frac{(D)}{r}\frac{\delta r}{\delta s_2}\,ds_2\,\{(z_2 - z_1)\,dy_1 - (y_2 - y_1)\,dz_1\}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (c)$$

voert men nu een functie (D_1) in, zoodanig weder dat $d(D_1) = -\frac{(D)}{r}\,dr$, dan worden (b) en (c):

$$\int_b^b \int_a^a \frac{\delta(D_1)}{\delta s_1}\,ds_1\,\{(z_2 - z_1)\,dy_2 - (y_2 - y_1)\,dz_2\}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (d)$$

$$\int_b^b \int_a^a \frac{\delta (D_1)}{\delta s_2} d s_2 \{(z_2 - z_1) d y_1 - (y_2 - y_1) d z_1\} \ldots \ldots \ldots \ldots (e)$$

Na partieele integratie worden (d) en (e) beiden:

$$- \int_b^b \int_a^a (D_1) \{d y_1 d z_2 - d z_1 d y_2\} \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (f)$$

Bijgevolg komt (X) onder den volgenden vorm:

$$\int_b^b \int_a^a [(F_1) - (H_1) + (D) - 2 (D_1)] (d y_1 d z_2 - d z_1 d y_2), \ldots \ldots (18)$$

waaruit men door letterverschuiving formule (19) en (20) voor (Y) en (Z) vindt.

§ 5. De verplaatsing der krachten in den oorsprong brengt nog de volgende koppels voort, waarvan de componente volgens de X-as $\Sigma (Z y_1 - Y z_1)$ onder den volgenden vorm komt:

$$(X') = \int_b^b \int_a^a d s_1 d s_2 \cos \varepsilon \left[y_1 \frac{\delta M}{\delta z_1} - z_1 \frac{\delta M}{\delta y_1} \right] - \int_b^b \int_a^a \frac{\delta N}{\delta s_1} d s_1 (y_1 d z_2 - z_1 d y_2) \ldots (21)$$

Door partieele integratie wordt het laatste gedeelte van (21) gelijk aan:

$$+ \int_b^b \int_a^a N (d y_1 d z_2 - d z_1 d y_2).$$

Voegt men dit koppel bij dat der vorige paragraaf, dan vindt men:

$$(X = \int_b^b \int_a^a ds_1 ds_2 \cos \varepsilon \left[y_1 \frac{\delta M}{\delta z_1} - z_1 \frac{\delta M}{\delta y_1} \right] + \int_b^b \int_a^a [(F_1) - (H_1) + (D) - 2 (D_1) + (N)] (d y_1 d z_2 - d z_1 d y_2) \ldots (22)$$

Door letterverschuiving volgen (23) en (24) voor (Y) en (Z).

§ 6. Vergelijkt men nu deze uitkomst met die uit de theorie van AMPÈRE verkregen, dan blijkt weder, dat door:

$$[(F_1) - (H_1) + (D) - 2 D_1 + N] = \frac{A^2}{r} \ldots \ldots \ldots \ldots (25)$$

te stellen een betrekking gevonden wordt, die de algemeene theorie in over-

eenstemming met de ervaring brengt. Door differentiatie wordt deze betrekking:

$$-\frac{(F)}{r}+\frac{(H)}{r}+\frac{d(D)}{dr}+2\frac{(D)}{r}-(G+Pr)+\frac{A^2}{r^2}=0.$$

Na deeling door r is dit de tweede betrekking door KORTEWEG gevonden. Weder kan de vraag gesteld worden of de betrekking (25) noodwendig is. Is zij niet vervuld, dan moet een functie van (r) bestaan, die ten allen tijde, hoe ook de twee stroomen ten opzichte van elkander staan.

$$\int_b^b \int_a^a q\,(r)\,(dy_1\,dz_2 - dz_1\,dy_2) = 0$$

maakt, en niet alleen deze integraal, maar ook de anderen, die door ietterverschuiving er van afgeleid kunnen worden. Stelt men nu twee rechthoekige stroomen, de een in het $x\,z$-vlak, met een zijde samenvallende met de x-as, de tweede in het $x\,y$-vlak met een zijde evenwijdig aan de x-as, maar die zijde zoo ver verschoven, dat de abscis van haar uiteinde dezelfde is als die van het midden der met de x-as samenvallende zijde, dan heeft men reeds een geval, waaruit blijkt, dat geen functie van r aan de bovenonderstelde voorwaarde voldoen kan, en dat dus de betrekking (21) noodzakelijk is. Een constante, al kon die toegelaten worden, zou door de differentiatie toch wegvallen.

§ 7. De voorwaarde, dat de kracht, door een gesloten stroom op een onvolledig element uitgeoefend, loodrecht op dat element staat, geeft een nieuwe betrekking tusschen de 7 onbekende functiën. De ontbondene der kracht, volgens de richting van het element moet dan $= 0$ zijn, of:

$$X\frac{dx_1}{ds_1}+Y\frac{dy_1}{ds_1}+Z\frac{dz_1}{ds_1}=0.$$

Deze ontbondene laat zich onder de volgende gedaante brengen:

$$ds_1\int_a^a \frac{C-G-2Pr}{r}\times -r\frac{\delta r}{\delta s_1}\,ds_2\cos\varepsilon. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

De betrekking $C-Pr=G+Pr$ voldoet aan de voorwaarde, dat deze ontbondene nul zij, en daar voor elken willekeurigen stroom de laatste integraal gelijk nul moet zijn, is deze betrekking ook noodzakelijk. Men kan zich daarvan overtuigen door bijv. het element ds_1 evenwijdig aan de x-as geplaatst te denken, en den stroom zoodanig te kiezen, dat voor twee punten, die dezelfde

abscis x_2 hebben, de afstand van het punt op den tak, waarvoor $ds_2 \cos\varepsilon$ positief is, steeds grooter is dan voor dat, waarvoor $ds_2 \cos\varepsilon$ negatief is.

Vergelijking (26) nam. wordt bij deze plaatsing van het element gelijk aan:

$$dx_1 \int_a^a \frac{C - G - 2Pr}{r} \cdot (x_2 - x_1)\, dx_2.$$

Is nu voor gelijke waarden van x_2 voor het eene element, waarvoor dx_2 positief is, $\frac{C - G - 2Pr}{r} >$ dan voor dat, waarbij dx_2 negatief is, dan kan de gesloten integraal niet gelijk aan 0 zijn. $\frac{C - G - 2Pr}{r}$ gelijk aan een konstante zou kunnen voldoen, maar zonder nader onderzoek of ook in het algemeen geval deze waarde zou kunnen voldoen, volgt uit de hypothese, dat de kracht op oneindigen afstand, gelijk nul zij, ook dat deze konstante gelijk nul moet zijn, gelijk uit de volgende vergelijking licht is in te zien.

$$\frac{C - G}{r} + 2P = K.$$

voor $r = \infty$ is C en G en $P = 0$ en dus moet ook $K = 0$ zijn.

§. 8. Wat eindelijk de 4de betrekking aangaat, die kan uit de voorwaarde dat de as der electrische koppel-werking geen componente loodrecht op het element hebbe, evenzeer gevonden worden zonder tot elementaire gesloten stroomen zijn toevlucht te nemen. Deze voorwaarde brengt mede, dat, als het element evenwijdig aan de y- of z-as geplaatst is, of:

$$\int_a^a \left[(F_1) - \frac{(H)}{r^2}(y_2 - y_1)^2 + \frac{(D)}{r^2}(x_2 - x_1)^2\right] dz_2 + \int_a^a \frac{(H)}{r^2}(y_2 - y_1)(z_2 - z_1)\, dy_2 -$$

$$- \int_a^a \frac{(D)}{r^2}(x_2 - x_1)(z_2 - z_1)\, dx_2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

of:

$$\int_a^a \left[(F_1) - \frac{(H)}{r^2}(z_2 - z_1)^2 + \frac{(D)}{r^2}(x_2 - x_1)^2\right] dy_2 + \int_a^a \frac{(H)}{r^2}(z_2 - z_1)(y_2 - y_1)\, dz_2 -$$

$$- \int_a^a \frac{(D)}{r^2}(y_2 - y_1)(x_2 - x_1)\, dx_2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

voor elken gesloten stroom.

Wij kunnen (27) aldus schrijven:

$$\int_a^a (F_1)\,dz_2 + \int_a^a \frac{(D)}{r^2}(x_2-x_1)\begin{vmatrix} x_2-x_1, & dx_2 \\ z_2-z_1, & dz_2 \end{vmatrix} - \int_a^a \frac{(H)}{r^2}(z_2-z_1)\begin{vmatrix} y_2-y_1, & dy_2 \\ z_2-z_1, & dz_2 \end{vmatrix} = 0.$$

De factor van $\frac{(D)}{r^2}$ valt door de substitutie:

$$(x_2-x_1)^2 = r^2-(y_2-y_1)^2-(z_2-z_1)^2$$

en:

$$(x_2-x_1)\,dx_2 = r\frac{\delta r}{\delta s_2}\,ds_2 - (y_2-y_1)\,dy_2 - (z_2-z_1)\,dz_2$$

in de volgende 3 deelen uiteen:

$$r^2, \quad \ldots\ldots\ldots\

evenwijdig aan het XY-vlak, zoodat $dz_2 = 0$ is, dan volgt uit (29) dat voor alle stroomen evenwijdig aan het XY-vlak:

$$\int_a^a \frac{(H)+(D)}{r^2}(y_2-y_1)\,dy_2 = 0$$

moet zijn. Hieraan kan niet voldaan worden, tenzij $\frac{(H)+(D)}{r^2} =$ constante genomen worden. Maar (H) en (D) hebben voor $r=\infty$ de waarde 0, en dus de constante kan alleen nul zijn. Is $(H)+(D)=0$, dan moet ook $(F_1)+(D)-(D_1) =$ constante zijn, of

$$-\frac{(F)}{r}+\frac{d(D)}{dr}+\frac{(D)}{r}=0.$$

Dit is evenwel geen nieuwe betrekking, maar volgt uit de tweede betrekking, en omgekeerd, zoodat het onderzoek naar het koppel, dat een gesloten stroom op een gesloten stroom uitoefent, had kunnen achterwege blijven; ten minste, wat de uitkomst aangaat voor onvolledige elementen.

Amsterdam, Januari 1879.

VERSLAG

AAN ZIJNE EXCELLENTIE DEN MINISTER VAN KOLONIËN

OVER EENE

MAGNETISCHE OPNEMING VAN DEN INDISCHEN ARCHIPEL,

IN DE JAREN 1874—1877 GEDAAN.

DOOR

Dr. VAN RIJCKEVORSEL.

REPORT

TO HIS EXCELLENCY THE MINISTER FOR THE COLONIES

ON A

MAGNETIC SURVEY OF THE INDIAN ARCHIPELAGO,

MADE IN THE YEARS 1874—1877.

BY

Dr. VAN RIJCKEVORSEL.

PART THE SECOND.

HORIZONTAL INTENSITY.

GENERAL REMARKS.

I believe that, as far as the observations themselves are concerned, this is the best part of my work, though the results do not look very well. There are not so many causes of uncertainty, such as might have been avoided either by myself or by a modification of the instrument, therefore I confidently ascribe all the irregularities which I have to regret in the results, to the irregular

way in which magnetism really is distributed over that most volcanic part of the world, the Indian Archipelago.

Indeed, as I have already hinted, it was especially the horizontal intensity that was affected by local circumstances. The instrument used is a most sensitive one, and the normal rate of change of the horizontal intensity is very feeble, so that local attractions are doubly felt. A single glance at the map will show how extremely ill many of the figures accord with what would seem to be the value that might most reasonably be expected, judging by the isodynamics as I drew them, and which seem the most probable. Amboina, Keban Agoeng and many other places will seem preposterous. And it will also be seen, by comparing the map with the tables, that in some places, where the result seems very bad, the different observations accord perfectly with each other, whilst other stations, where the concordance is less, exhibit no sensible difference from what one would expect, so that I feel justified in ascribing this peculiarity solely to local circumstances, and especially to the volcanic and ferruginous nature of the soil. Some places, such as Larangtoeka, Krakatahoe, where I shifted my station daily, and which, for every day offer a different value, would seem conclusively to prove this assertion. Therefore I resolved to insert all these stations, notwithstanding the extravagant results.

I will not deny the possibility of there having been, in a few cases, some accidental mass of iron which I did not detect; indeed I had once to reject a day's observations on account of a large iron cauldron, which I discovered under a heap of rubbish at the distance of a couple of feet from my stand, after I had finished operations for the day. Such a series, I would, of course, leave out; but an instrument so sensitive as the unifilar, may in other instances have been affected by similar causes unknown to me, though it is impossible to ascribe many of the irregularities to such an origin.

Only other surveys of a small area of land, as detailed and precise as possible, will fully elucidate this point.

I have stated in the general introduction to this publication, that my instrument was a unifilar magnetometer, Kew pattern. As far as the horizontal intensity is concerned, this in no respect differed from others of its kind. Therefore I consider a description useless. I will only state, that mine was an instrument constructed in 1873, at which time the magnets had been very much reduced in size since the days of the first unifilars. This improvement is an advantage in every respect, but especially from the practicability it affords for suspending the needles by the aid of two or three threads only, instead of seven or eight, as was the case in some of the older instruments.

Though, as I have already stated, I do not think any errors of importance originated with the instrument, yet there are some sources of uncertainty which I will mention. In the first place the wind would sometimes occasion a slight irregularity in the movement of the suspended needles, because, as with the inclination, the wooden parts of the instrument did not fit as tightly towards the close of my survey as at the beginning. But this irregularity was always of little importance. Moreover, there was generally but little wind at the time of the day when these observations were in most cases taken (7—9 a. m.). Therefore, whenever the word „wind" is put in the table opposite a figure, it has by no means as much importance as for the dip.

One cause of uncertainty was the temperature. The only serious mishap which I had with the unifilar, as far as intensity was concerned, was the breaking of thermometers. Nobody who knows how strangely one is sometimes compelled to travel in half-civilized countries, and how difficult the transport of instruments is, will wonder at this. The breakage referred to did, indeed, happen three or four times, and it was not always easy to replace a thermometer immediately, neither was a tolerably good one always to be got. Indeed, I have to thank Mr. DE CLERCQ for the present of his own thermometer, at a time when I stood most in need of one. Happily, on no occasion did the two thermometers break at the same time, and so I was always able to compare a new one with an old one. I will not give the details of these comparisons, for they are of little importance, as the range of temperature is of course very limited, and therefore the effect on the intensity itself must have been very insignificant, for all the observations have been reduced to the mean temperature of 85° F. This reduced the correction on that head to a very small amount, an error in which is, of course, of little consequence. One glance at the formulas, however, will show that as regards the magnetic moment m of the needle, the influence may have been somewhat more important, and this moment may therefore be less reliable. As, however, the only practical use of m is to allow one to form a judgment as to the value of the observations, the fact stated is of little account. As showing absolute determinations of temperature, my figures have of course no value whatever. I can advise any one who contemplates a long sojourn in distant countries, to have a double set of thermometers with him.

This is not the only remark to be made as to the temperature. I operated under a tent, but sometimes part of the instrument, — one end of the deflection-bar for instance, — would catch a little of the sunshine, and so acquire a temperature vastly different from the one given by the thermometer. Or a cold wind would blow on some part of the instrument and lower the tempera-

ture irregularly. Also, those parts of the instrument which were not made use of for the moment, had to be placed at a certain distance from the tent, and it was not always possible to keep them in the shade; so that, in some cases, when I had to apply them to the unifilar, they had attained an enormous temperature. This was especially the case with the wooden boxes, which did not cool down to a reasonable number of degrees for a long time, thus causing the various parts of the instrument to have very different temperatures, which could no longer be given with accuracy by one thermometer. And now the great question is, what is the temperature of the swinging magnet under these abnormal circumstances?

The foregoing is part of a series of difficulties, such as are never felt in an Observatory and are therefore generally underrated; the one I have last described, for instance, I take to be rather serious, insomuch, that a few of my figures may be rendered less trustworthy from the cause stated alone.

After some time I made it a rule to note down the temperature during the vibration-experiment five times in the course of one observation, instead of twice, as the Kew practice is. It is very easy to do so, by reading the thermometer every time after filling one of the four columns of figures, and I think this plan in every case a good one, as two readings only for the vibrations and eight for the deflections, make too great a difference in the nicety of both manipulations. Still it is possible that in some cases even the five readings may not have been sufficient to afford a reliable mean. Moreover, on a certain number of days, the real temperature of the air was so high, as to make the corrections a little uncertain.

Twice the vibrating magnet was inadvertently brought into contact with a piece of iron. A corresponding sudden change in the moment m is apparent on the 18^{h} of May 1875 and the 16th of February 1877. This, and the considerable regular diminution in magnetic power of the collimator-magnet, may have rendered the different corrections a little uncertain. This cannot, however, have been the source of errors to any great extent, as proved by a re-examination of the instrument at Kew-Observatory. The different tables of correction showed hardly any difference from those which were composed before I started to the East.

Concerning the magnetic moment, I wish to refer to one particular which the tables will show. The moment m would always decrease very little during my stay at one station, (except in the very beginning when it decreased rapidly throughout), but more sensibly between two stations, still more of the inerval was long, and especially when the travelling was rough. This shows,

that, when the magnet is carefully handled, the manipulations during the observation have much less influence on its strength, than the series of shocks and jerks which it sustains while being transported. Therefore, the utmost care should always be taken when packing the instrument, and afterwards while handling it, when on the road. I am not able to say that one of my various modes of travelling affected the instrument more than another, for the result seems to have been the same throughout.

One difficulty which will be referred to again in the part which treats of the declination, is the torsion in the threads by means of which the magnets are suspended. The method by which the extent of the torsion and its influence on the observation is ascertained by my instrument, must here be shortly described, as some of the older unifilars have a different arrangement. I will here, for the sake of convenience, insert the whole of my remarks on this subject, though only one half of the operation (the determination of the influence of the torsion) is required for the horizontal intensity; while the other part (the determination of the amount of the torsion) is applicable to the declination only.

As I was instructed to do, I first suspended the magnet in the usual way and made it stationary. Then the torsion-circle at the top was turned through 90^{g}, first to the right, then to the left, and the deviation of the needle from its original position was read. This gave the influence of a certain amount of torsion on the position of the magnet by a simple calculus. Afterwards, the magnet was removed, and a piece of brass of the same weight put in its place and left undisturbed for a considerable time, until it came to a fixed position under no other influence than the torsion in the thread. This gave the extent of torsion of the threads, and the correction to apply to the readings under this head was easy to find. (This latter half is that which refers to the declination).

I found that, under the circumstances, it was simply impossible to make this experiment; at the same time, it was unnecessary.

For the first operation (the turning of the torsion-circle) the quiet of the Observatory is really necessary, as a constant alteration of position on part of the surveyor, from sitting to standing, and vice versa, is required; and the instrument, not being so firmly supported, especially when placed on a somewhat loose soil, as must sometimes be the case, will often be so unsteady as to make the observation, when nicely executed, occupy more time than it may seem to be worth. In my case the wind also played a part, but still more during the second operation, which it made nearly impossible to perform. The wooden box had contracted enough by the heat, to let in a little wind; and the brass weight, so slightly suspended, not being directed by the magnetic force,

would generally come to no fixed position at all, while sometimes it would simply rotate. But even when circumstances were favourable, this experiment took up more time than I could well spare, as I wanted instrument, stand and time for making the other observations.

But, as I have said, I do not think these determinations at all necessary. My magnets are so light, that three threads were quite sufficient to support them, and at the same time they are strong magnets. This reduced the influence of the torsion so much, that even 15 or 20 degrees of torsion would have hardly any influence at all, and such a torsion it is easy to avoid. The threads within a few days after having been put on the instrument, would not again change their torsion, or at all events only in an excessively slight degree. So, what I did, was to remove the torsion very carefully in the evening, when I had no other observations to take. This was repeated rather often during the first days, and from time to time afterwards; and I found, without a single exception, that no torsion larger than one or two degrees was ever afterwards observable so long as the same threads lasted. Therefore, to the declination no correction for torsion is applied.

For the horizontal intensity, an observation to ascertain the influence of the torsion was taken every now and then, when circumstances were favourable, especially during the first days, and the mean of the results which were always sensibly equal, was adopted for the correction as long as the same threads lasted. This is perfectly admissible, taking into account the small amount of the variation in the intensity, even on such an extent of land as that I visited. And of course, the threads breaking now and then, one thread would generally only last during a period where the value of the horizontal intensity was sensibly equal. But even for different threads, the correction to apply on account of the torsion varied only between 0.00010 and 0.00020.

I have not the slightest doubt as to these methods having been quite sufficient under the circumstances. However, the introduction of a more effective method for taking the torsion into account, would be a change for the better.

One more unfortunate cause of error must here be noted. Strange to say, it was only after three years' travelling, when the paint came off the centre pole of my tent, that I discovered that two screws in it were made of iron. I thought it unnecessary to state this until now. The declination was observed in the open air, and, as to the inclination, the distance between the screws and the needle was always sufficiently great to remove any doubt as to the possibility of the results being affected by their influence. But with reference to the horizontal intensity, the screws were rather near to the box, and I am

sorry to say, I never had time, after the unpleasant discovery, to take the long series of observations, which would be required (considering the means at my disposal), to ascertain how far the influence extended. I always hoped to do so when I should reach Batavia, but was prevented by illness and want of time. Only in half a dozen instances were my observations made without the tent, and therefore a constant error may exist. However, it would certainly be very small. For, besides being rather rusty, the screws were probably not of hard steel, and what is of more consequence, the tent, and especially the pole, had been tested by Mr. WHIPPLE and myself at Kew, and we could not detect that either had any influence on a sensitive compass. This fact removes to a great extent my doubt on the subject but the following argument seems more conclusive. In a few places, Prigi, Sintang, Singkawang, Sidjoendjoeng, I occupied my tent during part of my stay, but on other days I made use of some shed, on account of the weather, or I observed in the open air (Singkawang) because the tent had been inadvertently left on board ship. The place first named is the only one where the figures show a sensible difference, and as here the last days' observations were taken in an inhabited house, although I could detect no iron, there might have existed some unseen cause for the irregularity, concealed as was a snake which fell one day out of the roof on the top of my instrument. Again, the distance between the two points on which I observed was perhaps fifty yards, quite enough on a ferruginous soil to produce much greater differences, as Larangtoeka and other places will show.

For these reasons I think we may fairly assume, that the influence of the screws referred to, was small indeed. I will state, opposite to the observed figures for every station mentioned in the table, whether I observed in the tent, or not, and it will be seen that the great differences cannot possibly be ascribed to this cause. At all events, the magnetic lines can only be affected thus far, that they ought all to be moved a little north or south on the map; their direction and relative position cannot have been influenced. However this may be, the matter of the two screws remains a sore point.

For the sake of completeness, I will add, that my shortsightedness compelled me to put the Chronometer (which of course contained some iron) rather near to my person, while occupied with the vibrations. But it was always far enough from the magnet, to prevent the possibility of errors.

I have now mentioned the causes of uncertainty which presented themselves to my mind, and none of them were nearly so important as those which acted on the inclination, always excepting those causes which originated in the nature of the soil on which the survey was made.

METHOD OF OBSERVATION.

I found it necessary to modify the Kew method a little, and on this point especially I am indebted to Dr. BERGSMA for his advice. The movements of the vibration-magnet — the horizontal intensity being very great in those parts — are so much quicker than in our latitudes, that it is necessary to take intervals of 10 half-vibrations instead of 5. But this makes the magnet always to move in the same direction during a series of readings, and necessitates a somewhat altered succession of operations. I filled first one whole column with readings: „magnet moving from right to left", then suffered 11 half-vibrations to pass, and filled up the third column with: „magnet moving from left to right." Then I suffered 200 vibrations after the first reading to pass, and recommenced, filling the second and fourth column. The mean was then taken as usual, only that 200 came as divisor instead of 100.

I found it very easy to count half seconds, and the tenth part of these was taken by evaluation in the usual manner.

As a rule I took first one set of vibrations, then two complete sets of deflection-observations at the two distances of 1 foot and 1.3 foot, then a set of vibrations again; this was taken as two complete observations. In a few cases, the series was inverted, so that the two vibration-observations came in between the two sets of deflection. During a short period in the Moluccas, while weakened by fever, I found the operation of taking the deflections too fatiguing, and generally left out the fourth part, by doing the reading, either at 1 foot, or at 1.3, only once, and entering it for the two observations. This cannot have seriously injured the results, and it certainly made the operations easier, a circumstance at that time desirable. The same occurred again in one or two instances, when my time was very short. On the other hand, during the greater part of 1874 nearly all the observations of deflection were doubled by Dr. BERGSMA's advice, so that two deflections and one vibration formed one observation. This really was too much of a good thing and so I left off.

As a specimen of the observations, I again insert Soerabaja with all the reductions (to be explained hereafter) and the 13th of September N°. 1, as a complete observation. On account of want of space I will only give one specimen.

It will be hardly necessary to add, that the result is expressed in English units. In order to reduce these to metric units the result has to be divided by 2.170.

The following notes, copied from the Kew-instructions, are required to be given in order to explain the observations and calculations.

T_0 = Observed time of one vibration of the magnet.

T_1 = Time of vibration, corrected for rate of chronometer and arc of vibration.

T = Time of vibration, corrected for rate of chronometer, arc of vibration, temperature, torsion force of the suspending thread and induction.

s = Daily rate of chronometer, + when gaining, — when losing.

$\alpha\ \alpha'$ = Semiarc of vibration, at the beginning and end of the observation, expressed in parts of radius.

$\frac{H}{F}$ = Ratio of the force of torsion of the suspending thread to the magnetic directive force. (This is obtained from the formula $\frac{H}{F} = \frac{u}{90^0 - u}$ where u = the angle through which the magnet is deflected by a twist of 90^0 in the thread).

q = The correction for the decrease of the magnetic moment of the magnet produced by an increase of temperature of 1^0 Fahr.

K = Moment of inertia of the magnet, including its suspending stirrup.

μ = Increase in the magnetic moment of the magnet, produced by the inducing action of a magnetic force equal to unity of the English system of absolute measurement.

r_0 = Apparent distance between the centres of the deflecting and suspending magnets in the observation of deflection.

r = Distance corrected for error of graduation and temperature.

u_0 = Observed angle of deflection.

P = A constant depending upon the distribution of magnetism in the deflecting and suspended magnets. (This correction is very small, and has been deduced for every single year from all the deflection-observations taken during that year.)

m = Magnetic moment of the deflecting or vibrating magnet.

X = Horizontal component of the earth's magnetic force.

$\frac{m_0}{X_0}$ = Approximate value of $\frac{m}{X}$.

$\frac{m'}{X'}$ = Value of $\frac{m}{X}$ before the application of the correction $\left(1 - \frac{P}{r^2_0}\right)$.

It does not seem strictly necessary to give at length all the operations and formulas for finding K, P, and the temperature corrections. At Kew, tables have been constructed as far as possible to facilitate the calculations, and the following are the formulas which are absolutely necessary as a reference for the example below.

$$[1]\quad T_1 = T_0\left\{1 - \frac{1}{86400} - \frac{\alpha\alpha'}{16}\right\}.$$

$$[2]\quad T^2 = T_1^2\left\{1 + \frac{H}{F} - q\,(t_0 - t) + \mu\,\frac{X_0}{m_0}\right\}.$$

$$[3]\quad mX = \frac{\pi^2 K}{T^2}.$$

$$[4]\quad \frac{m_0}{X_0} = \frac{1}{2}\,r^3 \sin u_0.$$

$$[5]\quad \frac{m'}{X'} = \frac{m_0}{X_0}\left\{1 + \frac{2\mu}{r^3{}_0} + q\,(t_0 - t)\right\}.$$

$$[6]\quad \frac{m}{X} = \frac{m'}{X'}\left(1 - \frac{P}{r^2}\right).$$

[Tables] = factor taken from the Kew tables mentioned.

OBSERVATION OF DEFLECTION.

Soerabaja 13th of Sept. 74, N°. 1.

Mean time at station { commencing 7h15m . . . 1)
ending 7 55

Deflecting magnet. Distance.	N. End	Temp.	Readings of Verniers.	Mean of Verniers	Means and Differences.	Deflecting magnet. Distance	N. End	Temp.	Readings of Verniers	Mean of Verniers	Means and Differences.
East.						East.					
1.0 foot	E	79°.5	278° 8′ 0″ / 7 20	278° 7′40″	20° 48′ 0″	1.0 foot	E	79°.9	278° 5′20″ / 5 0	278° 5′10″	20° 46′ 0″
〃 〃	W	79 .7	257 19 40 / 19 40	257 19 40	20 39 10	〃 〃	W	79 .9	257 19 20 / 19 0	257 19 10	20 38 40
1.3 〃	E	79 .6	272 23 20 / 23 0	272 23 10	20 43 35	1.3 〃	E	79 .8	272 23 0 / 22 40	272 22 50	20 42 20
〃 〃	W	79 .7	262 58 20 / 57 40	262 58 0	10 21 47 .5	〃 〃	W	79 .7	262 57 40 / 57 20	262 57 30	10 21 10
West.						West.					
1.3 foot	W	79 .4	262 57 20 / 57 0	262 57 10	9 25 10	1.3 foot	W	79 .7	262 57 0 / 56 40	262 56 50	9 25 20
〃 〃	E	79 .5	272 20 0 / 20 0	272 20 0	9 22 50	〃 〃	E	79 .8	272 19 40 / 19 20	272 19 30	9 22 40
1.0 〃	W	79 .2	257 17 20 / 17 0	257 17 10	24 0	1.0 〃	W	79 .8	257 16 20 / 16 0	257 16 10	9 24 0
〃 〃	E	79 .3	277 56 40 / 56 0	277 56 20	42 0	〃 〃	E	80 .0	277 55 0 / 54 40	277 54 50	4 42 0

Mean temperature . . . . . = 79 6
Corrected for scale error . = 79°6

Mean of the obsd. angle of deflection { at 1.0 foot 10° 21′ 29″ . . . 2)
at 1.3 〃 4 42 0

	$r = 1.0$	$r = 1.3$
[Tables] $1 + \frac{2\mu}{r_0^3}$	1.00045	1.00020
[Tables] $+ (t_0 - t)q$	−0.00160	−0.00160
[5] $1 + \frac{2\mu}{r_0^3} + (t_0 - t)q$	0.99885	0.99860

	$r = 1.0$	$r = 1.3$	
$Log\ ^1/_2\ r^3$	9.69919	0.04102	[Tables]
$Log\ sin\ u_0$	9.25478	8.91349	
$Log\ \frac{m_0}{X_0}$	8.95397	8.95451	[4]
$Log \left\{1 + \frac{2\mu}{r^3_0} + (t_0 - t)q\right\}$	9.99950	9.99939	[5]
$Log\ \frac{X'}{m'}$	8.95347	8.95390	
$Log \left(1 - \frac{P}{r^2}\right)$	0.00136	0.00080	[6]
$Log\ \frac{m}{X}$	8.95483	8.95470	

Mean = 8.95477

OBSERVATION OF VIBRATION.

Chronometer: Hohwü 509

Daily rate $= s = 0^s.0$

Effect of 90° of Torsion — . . . 3)

Mean time at station at commencement 8^h5^m, at end 8^h20^m

Semiarc of vibration „ „ 18′ „ „ „ 5′ . . . 4)

Temperature of magnet { 82°.7 / 81 .6 / 81 .7 } Mean temperature . . . = 82°.0 . . . 5)

Corrected for scale error = 80 .5

Scale moving apparently to the Right.					Scale moving apparently to the Left.				
No. of vibr.	Time of centre passing wire.	No. of vibr.	Time of centre passing wire	Time of 200 vibr.	No. of vibr	Time of centre passing wire.	No. of vibr.	Time of centre passing wire.	Time of 200 vibr.
				½ s.					½ s.
0	0h27m 6.4	200	36m 47.0	9m 40.6	61	0h29m108.2	261	39m 28.9	9m 40.7
10	27 62.4	210	36 103.0	.6	71	30 44.2	271	39 84.9	.7
20	27 118.4	220	37 39.1	.7	81	30 100.2	281	40 21.0	.8
30	28 54.5	230	37 95.1	.6	91	31 36.3	291	40 77.0	.7
40	28 110.5	240	38 31.1	.6	101	31 92.3	301	41 13.0	.7
50	29 46.6	250	38 87.2	.6	111	32 28.4	311	41 69.1	.7
			Mean	9 40.6167				Mean	9 40.7167
			In seconds (1)	560.30833				In seconds (2)	560.35833

[Tables]	$1-\frac{1}{86400}$	1.00000
[Tables]	$\frac{\alpha\alpha'}{16}$	0.00000 ...4)
[1]	$1-\frac{1}{86400}-\frac{\alpha\alpha'}{16}$	1.00000
	$1+\frac{H}{F}$	1.00014 + ...3)
[Tables]	$-q(t_0-t)$	0.00133 + ...6)
	$\varrho=+\frac{\mu X_0}{m_0}$	0.00249 +
[2]	$1+\frac{H}{F}-q(t_0-t)+\frac{\mu X_0}{m_0}$	1.00396

Calculation to find ϱ:

[Tables]	*Log* μ	6.35102
(From the observation of deflection)	*Log* $\frac{m_0}{X_0}$	8.95424
	Log ϱ	7.39678

Duration of one vibr. from	(1)	2.801542
	(2)	2.801792
	Mean $= T_0$	2.80167
	Log T_0	0.44742
Log $\left(1-\frac{1}{86400}-\frac{\alpha\alpha'}{16}\right)$		0.00000 [1]
	Log T_1	0.44742
	Log T_1^2	0.89484
Log $\left\{1+\frac{H}{F}-q(t_0-t)+\frac{\mu X_0}{m_0}\right\}$		0.00171 [2]
	Log T^2	0.89655
	Log $\pi^2 K$	1.66436 [3][Tables]
	Log $m X$	0.76781

And, going back with the so found value for $m X$ into the calculation at the bottom of the observation of deflection:

Log $m X$	0.76781
Log $\frac{m}{X}$	8.95477

Log X^2	1.81304	*Log* m^2	9.72358
Log X	0.90625	*Log* m	9.86179
X	8.06340	m	0.72743

Remarks.

1) Here also, the time has been noted from five to five minutes only, by a common watch.

2) It seems unnecessary to explain at length how u, the angle of deflection, is obtained from these readings. Very soon after September 1874, the second observation of deflection was abandoned, and only one set of readings taken.

3) This was one of the instances, when the torsion was not observed. As this is a simple experiment, described at length in the text, I think it un-

necessary to give an example. The value 14, adopted here for $\frac{H}{F}$, is the mean from several other determinations, as already explained.

4) It was quite sufficient to make the semiarc of vibration not larger than this, which reduces the influence of the amplitudo to 0. Therefore, the semiarc of vibration was, soon after this, read no longer, and $\frac{aaaa}{16}$ is always $= 0$.

5) It was shortly after this period that I began to read the thermometer five times during one observation of vibration.

6) I will recall here, that 85° Fahrenheit was taken as the mean temperature.

TABLE I.

OBSERVATIONS OF HORIZONTAL INTENSITY AT SOERABAJA.

Date 1874.	Hour.	n.	X.	Reduced to 8^h30^m a. m.	With the monthly correction applied.	Mean.	Reduced to the mean for 1876
Aug. 19	8h 10m	0.72826	8.0651	8.0662	8.0681		
	9 15	0.72825	8.0627	8.0605	8.0624		
„ 20	8 5	0.72836	8.0591	8.0604	8.0623		
	9 0	0.72831	8.0630	8.0615	8.0634		
„ 21	7 50	0.72835	8.0633	8.0656	8.0675		
	8 55	0.72809	8.0669	8.0657	8.0676		
Sept. 10	9 55	0.72719	8.0763	8.0736	8.0761		
	10 50	0.72925	8.0466	8.0447	8.0475		
„ 11	8 20	0.72625	8.0586	8.0592	8.0620		
	9 20	0.72660	8.0696	8.0674	8.0720		
„ 12	8 25	0.72621	8.0721	8.0724	8.0752		
	9 25	0.72640	8.0757	8.0734	8.0761		
„ 13	7 55	0.72743	8.0634	8.0654	8.0662		
	8 40	0.72639	8.0681	8.0676	8.0704	8.0668	8.0818

REDUCTION TO ONE COMMON EPOCH.

To reduce the observations to one common epoch, for which the mean of the year 1876 was again chosen, all the values, except one series, could be found again in Dr. BERGSMA's observations. The very first series of reductions was wanting, in order to reduce the observations to the same hour of the day. Here, however, my own determinations could to a certain degree supply the necessary figures. It will be seen, that, on a great many days, more than two consecutive observations have been made. At first (Tegal, Semarang, Ambarawa, Djokjokarta) I took six; this was done on purpose to obtain the figures I wanted; but as the same observations could serve both ends, namely for the purpose of getting absolute determinations and the variation, I afterwards took from four to six or seven observations between 6 and 12 a. m. in a great many places scattered all over the Archipelago.

All the stations where four or more observations were taken on one morning have been combined in the following manner. For every single station, the figures were interpolated from five to five minutes by the simplest method. Then the difference was found for every figure, with the value of the horizontal intensity found for 8^h10^m a. m. I chose this epoch because it is about the mean of the time at which I generally took these observations. At the same time, it seems not to be far from the mean value for the period of the day occupied by my determinations. To illustrate this method I insert:

Ambarawa, July 4, 1874.

OBSERVED HORIZONTAL INTENSITY.

Hour.	*X*.
7^h30^m	8.02663
8 40	8.02888
9 30	8.03154
10 15	8.03085
11 15	8.02813
12 5	8.02688

DEDUCED FIGURES.

Hour.	Interpolated value of horizontal intensity.	Value of the reduction to 8^h30^m.	Hour.	Interpolated value of horizontal intensity.	Value of the reduction to 8^h30^m.
7^h30^m	8.02663 *	+ 0.00192	$10^h\ 0^m$	8.03108	— 0.00253
35	8.02679	176	5	8.03100	245
40	8.02695	160	10	8.03093	238
45	8.02711	144	15	8.03085 *	230
50	8.02727	128	20	8.03062	207
55	8.02743	112	25	8.03040	185
8 0	8.02759	+ 0.00096	30	8.03017	162
5	8.02775	80	35	8.02994	139
10	8.02791	64	40	8.02972	117
15	8.02807	48	45	8.02949	94
20	8.02823	32	50	8.02926	71
25	8.02839	16	55	8.02904	49
30	8.02855	0.00000	11 0	8.02881	— 0.00026
35	8.02871	— 0.00016	5	8.02858	— 0.00003
40	8.02888 *	33	10	8.02836	+ 0.00019
45	8.02915	60	15	8.02813 *	42
50	8.02941	86	20	8.02800	55
55	8.02967	112	25	8.02788	67
9 0	8.02994	— 0.00139	30	8.02775	80
5	8.03021	166	35	8.02763	92
10	8.03048	193	40	8.02750	105
15	8.03075	220	45	8.02738	117
20	8.03101	246	50	8.02725	130
25	8.03127	272	55	8.02713	142
30	8.03154 *	299	12 0	8.02700	155
35	8.03146	291	5	8.02688 *	+ 0.00167
40	8.03139	284			
45	8.03131	276			
50	8.03123	268	The figures marked * are the really observed ones.		
55	8.03116	261			
10 0	8.03108	— 0.00253			

This having been done for every station separately, the mean was taken for every five minutes of all the so found figures, and this gave the following correction table, to which I affix for every figure the number of observations which have contributed to produce it.

TABLE II.

REDUCTION TO THE MEAN VALUE FOR 8^h30^m A. M.

Hour of the day.	To be added to the horizontal intensity in order to reduce to 8^h30^m a. m.	Number of single figures.	Hour of the day.	To be added to the horizontal intensity in order to reduce to 8^h30^m a. m.	Number of single figures.
$7^h\ 0^m$	+ 0.00513	2	$10^h\ 0^m$	— 0.00271	76
5	504	6	5	265	73
10	368	10	10	230	70
15	454	15	15	245	64
20	377	22	20	248	62
25	344	25	25	247	58
30	322	28	30	246	54
35	289	35	35	258	53
40	287	40	40	238	47
45	270	44	45	236	42
50	233	47	50	196	36
55	195	56	55	174	29
8 0	+ 0.00161	61	11 0	— 0.00181	21
5	130	66	5	91	16
10	102	70	10	130	15
15	78	72	15	— 0.00067	14
20	54	76	20	+ 0.00067	12
25	26	83	25	76	12
30	0.00000	84	30	85	12
35	— 0.00028	84	35	94	12
40	54	84	40	96	11
45	79	84	45	86	11
50	103	84	50	123	10
55	122	84	55	232	8
9 0	— 0.00145	84	12 0	+ 0.00272	6
5	168	84	5	333	5
10	193	84	10	359	2
15	215	84	15	307	2
20	224	83	20	255	2
25	238	83	25	203	2
30	256	82	30	+ 0.00086	1
35	266	81	35	— 0.00025	1
40	275	79			
45	275	77			
50	271	76			
55	269	76			
10 0	— 0.00271	76			

Of course the figures at the beginning and at the end of this list have no value, being the result of too small a number of observations. I had to make use of them, having nothing better at hand. Also, the method of interpolation is not, of course, very nice; it may be supposed, that the value of the Maximum is a little larger than I made it, but I do not think the figures are correct enough to justify a more complicated interpolation. As it is, I believe the values from about 7^h30^m to 11^h0^m give a tolerable mean value for the variation of the horizontal intensity in the morning. One maximum would then be not far from 9^h15^m a. m. The minimum about noon is of course very uncertain.

I tried to go a step further, and to combine the observations so as to get a mean value of the variation, either for different parts of the Archipelago, or for groups of three months, but I did not succeed; the observations were not sufficient in number, nor were they diffused regularly enough. As it is, Batavia being not so very far from my own mean longitude, the observations at the Observatory will at a future period show if these figures of mine have any real value.

In the same way as for the inclination, I extracted from Dr. BERGSMA's observations the following figures to reduce the observed horizontal intensity to the year's mean. Here again no reduction could be applied to reduce every day's observations to the month's mean.

TABLE III.

For.	To be added to the observed values in order to reduce to the year's mean.
January	+ 0.0012
February.	+ 0 0014
March.	+ 0.0027
April	— 0.0007
May	— 0.0017
June	— 0 0061
July	+ 0.0003
August	+ 0.0019
September	+ 0 0028
October	+ 0.0026
November	+ 0.0023
December	— 0.0012

TABLE IV.

For.	To be added to the observed values in order to reduce to the mean for 1876.
1874. . . .	+ 0.0150
1875. . . .	+ 0.0075
1876. . . .	0.0000
1877. . . .	— 0.0075

It will be seen that the figures for the monthly correction do not run very regularly. They are the result of two years' observations only, but having nothing more reliable, I adopted them, and they are better than no correction at all.

After the calculation of this part of my work was quite complete, I received from Batavia some papers which will shortly appear as part of the second volume of Dr. BERGSMA'S observations. These contain magnetic determinations from August 1872 to July '73, which are to me of course of the highest value. I found indeed, for the monthly corrections, figures somewhat different from those I made use of, and if I take the mean between that one year and the two years contained in the first volume, I find the following.

TABLE III, CORRECTED.

January	+ 0.0020
February	+ 0.0008
March	— 0.0017
April.	— 0.0023
May	— 0.0025
June	— 0.0054
July	— 0.0026
August	+ 0.0036
September	+ 0.0018
October	+ 0.0051
November	+ 0.0023
December	— 0.0009

These certainly look better than the first figures, but I do not think the difference large enough to compel me to repeat the computations.

The yearly correction seems to be very nearly accurate.

Not so as regards the inclination; for I will insert here the remarks which Dr. BERGSMA's papers enable me to offer as to the first part of this work. Here the monthly corrections do not change very much, but the value of 2'.15 which I took for the correction from one year to the next, seems to be considerably too large, as the real value cannot be much greater than 1'.50, and is probably even less. This can have no serious influence on the map I have given.

I have here only briefly referred to these reductions, as more on this point, which it is unnecessary again to explain, has been stated in my first paper.

CONSTRUCTION OF THE MAP.

I very soon saw that the simplified method I employed for the inclination would not do at all for this part of the work. The different stations offer discrepancies to such an extent, that, in order to get a tolerable mean, a great many more points would be required to form one province; and from the moment the number of these latter decreased, the method was no longer sufficiently correct, and I had to adopt another.

The whole area was divided into four provinces only, which are indicated on the map by dotted lines. (I will refer later to the four points to the North East which do not enter into these provinces). These divisions contained about thirty stations each, a few less in the Eastern part than in the Western, as was reasonable. Here again, a half value only has been given to those stations where I was unable to observe on more than one day. To these points, five in number, there has, however, been added Pelaboean-Ratoe where the Chronometers were in a bad state, so that the observations have been calculated without applying any correction for the Chronometer's rate at all, and are certainly less reliable.

Then was found what I have already called the centre of gravity for each province, and the horizontal intensity in that centre, in the same way as for the inclination (by taking the mean of the longitudes, the latitudes and of the intensities). Afterwards for every observed station an equation was formed of the form:

$$a = bx + cy,$$

in which a was the difference between the horizontal intensity observed at the

station and that of the centre of gravity, x and y the same difference for the latitude and the longitude, b and c two constants, unknown for the present.

This gave a series of equations of the same form; and by the method of least squares, the most probable value was found for b and for c. Now, if we put

$$\left.\begin{aligned} b &= p\ cos\ \varphi \\ c &= p\ sin\ \varphi \end{aligned}\right\},$$

it is evident that φ is the angle which the gradient in the centre of gravity makes with the meridian. (Or, in other words, which the isodynamics, taken as straight lines, would make with the parallels). Also p will be the rate at which the horizontal intensity changes along this gradient.

Then the gradient was drawn on the map, and by the aid of p a dozen points were fixed, where the isodynamics had to pass. I took, however, into account the fact that the distance between the lines increases from South to North, and so I did not exactly make use of the calculated points of intersection, but those to the North of the centre of gravity were taken a little wider apart than those to the South. This was done without any calculation; but as the correction is a small one, and its amount sufficiently given by the value of p in the neighbouring centres, I think this quite allowable.

This method is much more correct than the one I adopted for the isoclinics, in so far that it takes also the longitude into account, and that it gives, along with the points through which the lines have to pass, their direction in those points. But it leaves much more to be done by drawing; especially the angle φ, or in other words, leaves it to the drawer's ability, which is a disadvantage. For the dip, I reduced the graphic part certainly to a much smaller amount. It will be seen that in the Western portion of the map the lines appear to be tolerably correct; but as to the Eastern portion, a greater number of stations would certainly have been desirable; the defect is more felt here than with the dip.

One more serious difficulty presented itself in this Eastern region. Where did I cross the central line of maximum horizontal intensity, if I crossed it at all? The values I observed, seem to indicate that the four stations to the extreme North-East are on the North side of this line, therefore I did not include them in any of my provinces, as the map will show. Doubts are here, however, quite admissible, and a great many more stations in this region would be an immense gain; nor can this map be considered sufficiently complete without the addition of a good many observations in the North of Borneo, and in the adjacent parts of the Spanish possessions, which places unfortunately I was unable to visit.

For these four stations the means were taken of the longitude, latitude and horizontal intensity, and the distance between the centre thus obtained and the last isodynamics to the North was divided by evaluation. Of course, the correctness of this corner of the map is very doubtful, and this uncertainty naturally extends to the whole Eastern part, where one station taken from a province to be put in another, might make a sensible difference. As it is, I believe the lines, as I made them, to be the more probable ones, though they certainly do not everywhere accord well with the different values which have been observed. Therefore these lines may be, as to the details, even less correct than the isoclinics, as I was able to give them, and a great many more observations will be necessary before we shall be in possession of full particulars as to the state of terrestrial magnetism in the Indian Archipelago. Considering the extent of territory in question, I could not, of course, make more than a rather rude survey.

TABLE V.

HORIZONTAL INTENSITY.

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	Y = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Batavia.	Febr. 26, '74	9h55m	0.77299	7.9889	7.9876		In Dr. BERGSMA's Observatory, on a stone pillar.
106° 49′ 45″		11 40	0.77273	7.9923	7.9946		
+ 6 11 0	March 1	10 50	0.77216	7.9975	7.9929		
	" 4	9 55	0.77159	7.9969	7.9915		
		11 10	0.77154	7.9939	7.9899		
	" 5	9 30	0.77108	7.9943	7.9890		
		10 40	0.77171	7.9960	7.9910		
	" 16	9 30	0.77061	7.9861	7.9809		
		10 45	0.77036	7.9891	7.9841		
	" 26	9 35	0.76706	7.9911	7.9858		
		11 10	0.76699	7.9906	7.9867	8.0035	
Pelabocan-Ratoc.	April 15	8 0	0.76478	7.9455	7.9464		Tent.
106° 31′ 20″		9 0	0.76383	7.9643	7.9621		The chronometers had suffered by the transport, so that the rate was uncertain, and no correction on this head was applied.
+ 6 59 30	" 16	7 40	0.76098	7.9489	7.9510		
		9 0	0.76092	7.9524	7.9503		
	" 17	8 5	0.76106	7.9563	7.9569		
		9 20	0.76126	7.9469	7.9439		
	" 18	7 35	0.76157	7.9475	7.9496		
	" 19	7 50	0.76107	7.9522	7.9538		
		9 0	0.76158	7.9523	7.9502		
	" 20	7 35	0.76114	7.9537	7.9558		
		8 45	0.76114	7.9552	7.9537	7.9522	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Bandoeng.	April 28, '74	8h 25m	0.75989	7.9940	7.9936		Tent.
107°36′15″		10 5	0.75981	7.9960	7.9927		Reduced with the one
+ 6 55 22	" 29	7 40	0.75976	7.9915	7.9936		chronometer which had
		9 25	0.75966	7.9917	7.9886		not suffered like the
	" 30	7 40	0.75966	7.9815	7.9837		others.
		9 10	0.75994	7.9901	7.9875		On the 28th one reading
	May 1	7 45	0.75976	7.9864	7.9874		was a little doubtful.
		9 30	0.75975	7.9934	7.9891		
	" 2	7 20	0.75945	7 9865	7.9886		
		9 0	0.75934	7.9934	7.9902	8.0045	
Cheribon.	" 18	9 10	0.75795	7.9795	7.9759		In an existing bamboo
108°33′58″		10 20	0.75799	7.9823	7.9781		shed.
+ 6 42 55	" 19	7 40	0.75810	7.9733	7.9744		Chronometers, having
		8 50	0.75830	7.9769	7.9741		been mended at Batavia,
	" 20	7 35	0.75155	7.9737	7.9748		came into my possession
		8 55	0.75161	7.9746	7.9717		on the 21st.
	" 22	7 35	0.75109	7.9691	7.9703		On the 20th thunder.
		8 40	0.74999	7.9780	7.9758		
	" 23	7 30	0 74956	7.9695	7.9710		
		8 35	0.74936	7.9819	7.9799		
	" 24	7 20	0.74763	7.9686	7.9707		
		8 25	0.74706	7 9757	7.9742	7.9892	
Tegal.	" 26	7 40	0.74754	7.9609	7.9620		Tent.
109° 7′39″		8 40	0.74716	7.9704	7.9681		Here, and in the next
+ 6 51 10		9 30	0.74736	7.9737	7.9694		three stations, the ob-
		10 40	0.74746	7.9664	7.9623		servations of deflection
		11 40	0.74509	7.9569	7.9561		have not been doubled.
		12 35	0.74694	7.9690	7.9671		
	" 27	7 15	0.74509	7.9524	7.9552		
		8 15	0.74720	7.9539	7.9529		
		9 5	0.74669	7.9526	7 9493		
		10 0	0.74721	7.9539	7.9494		
		11 0	0.74720	7.9430	7.9395		
		12 5	0.74694	7.9485	7.9502	7.9718	
Semarang.	June 11	8 5	0.74614	7.9636	7.9588		Tent.
110°24′36″		9 5	0.74589	7.9681	7.9604		
+ 6 58 2	" 12	8 0	0.74619	7 9706	7.9661		
		9 5	0.74616	7.9737	7.9659		
	" 13	8 10	0.74610	7.9711	7.9661		
		9 10	0.74586	7.9750	7.9670		
	" 26	7 35	0.74640	7.9820	7.9788		
		8 45	0.74644	7.9904	7.9835		
		10 0	0.74490	7.9706	7.9618		
		10 55	0.74476	7.9730	7.9652		
	" 29	7 15	0.74464	7.9611	7.9596		
		8 5	0 74439	7.9719	7.9671		
		9 0	0.74476	7.9729	7.9653		
		10 0	0.74469	7.9721	7.9633		

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Semarang. (continued).	June 29, '74	10h45m	0.74480	7.9710	7.9626		
		11 35	0.74466	7.9709	7.9657		
	" 28	7 30	0.74490	7.9661	7.9633		
		8 30	0.74480	7.9719	7.9658		
		9 20	0.74490	7.9739	7.9655		
		10 5	0.74491	7.9766	7.9679		
		10 55	0.74494	7.9761	7.9683		
		11 50	0.74489	7.9763	7.9714		One reading of the vibrations missing, restored by interpolation. As this occurred again now and then, the fact is always recorded in a shorter way.
	July 1	8 25	0.74456	7.9744	7.9749		
		9 15	0.74474	7.9752	7.9734		
		10 0	0.74489	7.9735	7.9710		
		10 50	0.74471	7.9761	7.9745		
		11 35	0.74458	7.9730	7.9743		
		12 25	0.74456	7.9724	7.9747	7.9829	
Ambarawa. 110° 23′ 56″ + 7 15 36	" 4	7 30	0.74420	8.0266	8.0302		Tent.
		8 40	0.74426	8.0289	8.0286		
		9 30	0.74410	8.0315	8.0293		
		10 15	0.74431	8.0309	8.0287		
		11 15	0.74419	8.0281	8.0278		
		12 5	0.74445	8.0269	8.0305		
	" 5	7 20	0.74440	8.0245	8.0285		
		8 20	0.74406	8.0303	8.0311		
		9 35	0.74425	8.0343	8.0319		
		10 20	0.74415	8.0349	8.0327		
		11 5	0.74419	8.0365	8.0359		
		12 0	0.74440	8.0321	8.0352		
	" 6	7 20	0.74440	8.0231	8.0272		
		8 15	0.74404	8.0273	8.0283		
		9 20	0.74405	8.0320	8.0301		
		10 0	0.74399	8.0336	8.0312		
		11 5	0.74426	8.0339	8.0333		
		11 55	0.74400	8.0329	8.0355	8.0459	
Djokjokarta. 110° 21′ 29″ + 7 48 14	" 11	7 35	0.74385	7.9951	7.9983		Tent.
		8 30	0.74365	7.9915	7.9918		One figure got by interpolation.
		9 35	0.74376	7.9969	7.9945		
		10 25	0.74339	7.9915	7.9893		
		11 20	0.74356	7.9927	7.9923		
		12 5	0.74361	7.9897	7.9933		
	" 13	7 35	0.74399	7.9960	7.9992		
		8 25	0.74371	8.0001	8.0007		
		9 25	0.74394	7.9987	7.9966		
		10 15	0.74394	7.9969	7.9947		
		11 10	0.74411	7.9991	7.9981		
		11 55	0.74409	7.9939	7.9965		
	" 14	7 25	0.74392	7.9939	7.9976		
		8 10	0.74365	7.9954	7.9967		
		9 20	0.74395	7.9971	7.9952		
		10 5	0.74361	7.9985	7.9961		
		11 15	0.74371	7.9934	7.9930		
		11 50	0.74320	7.9976	7.9992	8.0107	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Madioen.	July 21, '74	7h35m	0 74351	7.9171	7.9203		Tent.
111° 30′ 48″		8 40	0.74311	7.9216	7.9214		
+ 7 37 11	" 22	7 30	0.74311	7.9207	7.9242		
		8 25	0.74274	7.9185	7.9191		
	" 23	7 55	0.74321	7.9201	7.9224		
		9 10	0.74296	7.9276	7.9259		One figure by interpolation.
	" 24	7 40	0.74259	7.9089	7.9121		
		8 50	0.74276	7.9177	7.9169		
	" 26	7 30	0.74309	7.9135	7.9170		
		8 50	0.74291	7.9191	7.9184	7.9348	
Prigi.	August 3	9 20	0.74249	7.8991	7.8988		Tent on the two first days; on the three next days in the house; see text.
111° 42′ 27″		10 15	0.74266	7.9046	7.9040		
+ 8 16 47	" 4	7 30	0.74245	7.9040	7.9091		
		9 15	0.74239	7.9082	7.9079		
	" 5	8 25	0.74230	7.9256	7.9277		The observations on the first day are not well done.
		9 25	0.74202	7.9259	7.9254		
	" 6	8 15	0.74214	7.9204	7.9231		
		9 20	0.74219	7.9224	7.9221		
	" 7	8 15	0.74249	7.9186	7.9213		
		9 20	0.74269	7.9308	7.9304	7.9320	
Soerabaja.	" 19	8 10	0.72826	8.0651	8.0681		Tent.
112° 43′ 55″		9 15	0.72825	8.0627	8.0624		
+ 7 15 30	" 20	8 5	0.72836	8.0591	8.0623		Some uncertainty in the temperature.
		9 0	0.72831	8.0630	8.0634		
	" 21	7 50	0.72835	8.0633	8.0675		
		8 55	0.72809	8.0669	8.0676		
	Sept. 10	9 55	0.72719	8.0763	8.0764		
		10 50	0.72925	8.0466	8.0475		Thunder; uncertain observation.
	" 11	8 20	0.72625	8.0586	8.0620		
		9 20	0.72660	8.0696	8.0702		
	" 12	8 25	0.72621	8.0721	8.0752		
		9 25	0.72640	8.0757	8.0761		
	" 13	7 55	0.72743	8.0634	8 0662		
		8 40	0.72639	8.0681	8.0704	8.0818	
Sangkapoera.	August 29	9 40	0.72760	8.0863	8.0854		Tent.
112° 38′ 52″		10 20	0.72725	8.0867	8.0861		Weather always stormy, observations not good.
+ 5 51 18	" 30	8 50	0.72769	8.0783	8.0791		
		9 30	0.72749	8.0763	8.0756		
	" 31	7 55	0.72721	8.0809	8.0847		
		9 0	0.72724	8.0791	8.0796		
	Sept 1	8 45	0.72726	8.0765	8.0785		
		9 30	0.72750	8.0781	8.0784		
	" 2	9 0	0.72694	8.0750	8.0764		
		10 0	0.72745	8.0799	8.0800	8.0954	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	μ = magnetic moment	V = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Probolinggo.	Sept. 18, '74	8h20m	0.72564	7.9974	8.0007		Tent.
113°12'44"		9 20	0.72651	8.0024	8.0029		
+ 7 44 46	" 19	8 10	0.72606	7.9963	8.0001		
		9 15	0.72664	8.0029	8.0035		One figure by interpolation.
	" 20	8 30	0.72609	7.9987	8.0015		
		9 20	0.72629	8.0035	8.0040		
	" 22	8 15	0.72586	7.9985	8.0020		
		9 10	0.72651	8.0009	8.0018		
	" 23	8 0	0.72554	7.9980	8.0025		
		8 50	0.72619	8.0046	8.0064	8.0175	
Soemenep.	" 28	8 20	0.72509	8.0724	8.0757		Tent.
113°53'45"		9 10	0.72545	8.0783	8.0791		The position was not always the same being twice
+ 7 2 30	" 29	7 55	0.72510	8.0724	8.0771		shifted. The ground was
		8 45	0.72565	8.0789	8.0809		sometimes soft, on the
	" 30	8 10	0.72524	8.0645	8.0684		29th and on the 1st I had
		8 55	0.72559	8.0719	8.0734		to adjust the instrument
	Oct. 1	7 50	0.72501	8.0691	8.0741		during the observation
		8 40	0.72494	8.0687	8.0707		on account of its being
	" 2	7 45	0.72514	8.0637	8.0690		out of level.
		8 35	0.72384	8.0799	8.0822	8.0901	
Boeleleng.	" 9	8 0	0.72420	8.0087	8.0129		Tent.
115° 3'33"		8 55	0.72435	8.0119	8.0133		One figure uncertain.
+ 8 7 33	" 10	7 55	0.72379	8.0121	8.0166		
		8 45	0.72489	7.9993	8.0011		
	" 12	7 35	0.72330	8.0094	8.0149		
		8 45	0.72374	8.0129	8.0147		
	" 13	7 50	0.72425	8.0109	8.0158		
		8 50	0.72370	8.0119	8.0135		
	" 14	7 55	0.72389	8.0039	8.0084		
		9 0	0.72415	8.0081	8.0093	8.0271	
Ampenan.	" 25	7 55	0.72246	8.0265	8.0311		Tent.
116° 3'40"		8 55	0.72334	8.0315	8.0329		Here the natives were
+ 8 34 15	" 26	8 15	0.72214	8.0320	8.0354		very troublesome, and the
		9 5	0.72240	8.0311	8.0321		wind on the 26th.
	" 27	7 55	0.72211	8.0247	8.0292		
		8 45	0.72339	8.0236	8.0254		
	" 28	8 15	0.72244	8.0305	8.0338		
		8 50	0.72240	8.0284	8.0300		
	" 29	8 5	0.72196	8.0285	8.0326		
		8 45	0.72229	8.0323	8.0341	8.0467	
Makassar.	Nov. 25	8 5	0.72024	8.1740	8.1776		Tent.
119°23'41"		9 0	0.72020	8.1696	8.1705		
+ 5 8 8	" 28	7 40	0.71884	8.1641	8.1693		Temperature uncertain.
		9 10	0.71920	8.1711	8.1715		
	" 29	7 30	0.71924	8.1689	8.1744		
		8 30	0.71936	8.1745	8.1768		
	" 30	8 10	0.71811	8.1679	8.1712		
		9 0	0.71885	8.1739	8.1747		Sudden change of temperature.
	Dec. 1	7 40	0.71836	8.1664	8.1716	8.1881	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Saleier.	Dec. 5, '74	7h50m	0.71840	8.1529	8.1540		Under a shed.
120° 27′ 26″		9 0	0.71826	8.1550	8.1524		Weather rainy and windy, especially on the 5th and 7th. On these days the observations are a little rough.
+ 6 7 2	" 6	9 15	0.71809	8.1636	8.1603		
		9 35	0.71844	8.1635	8.1597		
	" 7	7 55	0.71805	8.1567	8.1574		
		8 35	0.71809	8.1609	8.1594		
	" 8	8 0	0.71795	8.1615	8.1619		
		8 50	0.71834	8.1659	8.1636		
	" 9	7 50	0.71800	8.1611	8.1623		
		8 35	0.71827	8.1631	8.1617	8.1743	
Koepang.	Jan. 2, '75	8 5	0.71605	8 0232	8.0257		Tent.
123° 33′ 44″		8 55	0.71603	8.0225	8.0225		Twice a figure by interpolation. Wind.
+ 10 9 49	" 3	7 55	0.71625	8.0210	8.0242		
		8 45	0.71647	8.0238	8.0242		
	" 4	8 15	0.71563	8 0205	8.0225		
		9 0	0.71557	8.0225	8 0223		
	" 5	7 55	0.71598	8.0220	8.0252		
		8 40	0.71613	8.0248	8.0255	8.0315	
Larantoeka.	" 13	8 25	0.71573	8.0330	8.0345		Tent.
122° 58′ 10″		9 10	0.71615	8.0375	8.0368		The place was shifted every day, on the 17th even to an island opposite L. . I ascribe the discordant figures to the neighbourhood of the volcano. As the geographic position is not very reliable, I took all the observations, however, together.
+ 8 19 20	" 14	8 10	0.71535	8.0423	8.0446		
		8 55	0.71587	8.0472	8.0472		
	" 15	8 0	0.71492	8.0196	8.0224		
		8 50	0.71588	8.0238	8.0240		
	" 17	7 45	0.71492	8.1004	8.1043		
		8 35	0.71512	8.0977	8.0986		
	" 18	8 10	0.71518	8.0660	8 0682		
		9 0	0.71473	8.0672	8.0669	8.0623	
Dilli.	" 26	7 40	0.71412	8.1022	8.1062		Tent.
125° 34′ 0		8 30	0.71373	8.1044	8.1056		
+ 8 34 0	" 29	8 5	0.71467	8.1152	8.1177		
		8 35	0.71370	8.1000	8.1000		
	" 31	8 30	0.71330	8.1040	8.1052		
		9 15	0.71360	8.1085	8.1078		
	Febr. 1	8 20	0 71352	8.1028	8.1048		
		9 10	0.71325	8.1096	8.1091		
	" 2	8 0	0.71367	8.1027	8.1057		
		8 55	0.71387	8.0942	8.0944	8.1132	
Bima.	" 21	7 20	0.71170	7.9789	7.9850		In a watch-house.
118° 43 55″		8 15	0.71203	7.9830	7.9852		
+ 8 27 0	" 22	8 10	0 71162	7.9760	7.9784		Indifferent observation.
		9 0	0.71223	7.9840	7.9840		
	" 23	7 40	0.71208	7.9753	7.9796		
		8 40	0.71197	7.9838	7 9847		
	" 24	7 55	0.71137	7.9730	7.9764		
		8 40	0 71193	7.9807	7.9815		
	" 25	8 10	0.71140	7.9776	7.9800		
		9 0	0.71183	7.9807	7.9806	7.9890	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	M = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Gisser.	March 18, '75	7h40m	0.71008	8.2368	8.2370		Under a shed.
130° 52′ 35″		8 30	0.71045	8.2395	8.2368		
+3 52 29	" 19	8 5	0.71092	8.2278	8.2264		
		9 0	0.71102	8.2346	8.2305		
	" 20	7 55	0.71045	8.2300	8.2293		
		8 45	0.71015	8.2330	8 2295		
	" 21	7 55	0.70974	8.2360	8.2353		
		8 40	0.71013	8.2395	8.2363		
	" 22	8 30	0.70990	8.2342	8.2315		
		9 15	0.71045	8.2420	8.2372	8.2405	
Amboina.	" 26	8 15	0.70976	8.2863	8.2844		Tent.
128° 10′ 0″		8 55	0.70968	8.2894	8.2855		
+3 41 30	" 27	8 0	0.70890	8.2878	8.2867		Wind.
		8 45	0.71130	8.3115	8.3080		Temperature uncertain.
	" 28	8 5	0.70983	8.2870	8.2856		
		8 55	0.71100	8.2012	8.2973		
	" 29	8 0	0.70976	8.2903	8.2892		
		8 50	0.71003	8.2934	8.2897		
	" 31	8 5	0.70963	8.2876	8.2862		On the 31st I was often
		8 50	0.70963	8.2928	8.2891	8.2977	disturbed.
Banda.	April 9	8 20	0.70845	8.1858	8.1854		Tent.
129° 53′ 0″		9 5	0.70937	8.1866	8.1842		
+4 31 53	" 10	8 55	0.70917	8.1868	8.1849		
		9 35	0.70902	8.1870	8 1836		
	" 11	8 15	0.70888	8.1868	8.1869		
		8 55	0.70908	8.1878	8.1859		
	" 12	8 5	0.70903	8.1850	8.1856		
		9 0	0.70873	8.1918	8.1897		
	" 15	8 35	0.70875	8.1946	8.1936		Bad observation.
		9 20	0 70838	8.1922	8.1893	8.1944	
Batjan.	May 16	8 10	0.70650	8.2608	8.2601		Tent.
127° 28′ 3″		8 55	0.70680	8.2672	8 2643		
+ 0 38 3	" 17	7 50	0.70638	8.2658	8.2665		
		8 40	0.70675	8.2695	8.2673		Strong wind.
	" 18	7 55	0.70603	8.2600	8.2603		One figure by interpo-
	" 19	7 50	0.69385	8.2682	8 2688		lation.
		8 35	0.69408	8.2724	8.2704		
	" 20	8 5	0.69367	8.2632	8.2628		
		8 50	0.69407	8.2650	8.2623	8.2723	
Ternate.	" 25	7 35	0.69392	8.2617	8.2629		Tent.
127° 22′ 21″		8 25	0.69368	8.2700	8.2686		Afraid of the volcano's
— 0 47 13	" 26	7 25	0.69387	8.2572	8.2589		influence, I observed on
		8 10	0.69443	8.2518	8.2511		different spots, though
	" 27	7 35	0.69377	8.2588	8.2600		at a small distance one
		8 25	0.69325	8.2666	8.2652		from the other.
	" 28	7 50	0 69360	8.2604	8 2610		
		8 55	0.69373	8 2657	8.2628		
	" 29	7 55	0.69307	8.2570	8.2573		
		8 35	0.69309	8.2650	8.2630	8.2686	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Kajeli.	June 7,'75	8h 5m	0.69273	8.2532	8.2484		Tent.
127° 6′ 0″		8 50	0.69303	8.2538	8.2467		
+ 3 22 46	" 8	7 25	0.69298	8.2454	8.2427		
		8 5	0.69300	8.2496	8.2448		
	" 9	7 35	0.69282	8.2448	8.2416		Rain made it difficult
		8 30	0.69287	8.2505	8 2444		to hear the chronometer.
	" 10	7 45	0.69301	8.2502	8.2468		
		8 30	0 69287	8.2512	8.2451	8.2526	
Wahnai.	" 13	7 20	0.69215	8.2385	8.2362		Tent.
129° 28′ 32″		8 5	0.69263	8.2465	8.2417		Instrument constantly
+ 2 47 38		8 50	0.69247	8.2488	8.2417		sinking into the soaked
		10 5	0.69295	8.2520	8.2433		ground.
		10 50	0.69310	8.2532	8.2451		One figure by interpo-
	" 14	7 55	0.69213	8·2420	8.2379		lation.
		8 40	0.69245	8 2458	8.2392		Wind.
	" 15	7 40	0.69282	8.2410	8.2378		
		8 25	0.69402	8 2282	8.2223	8.2459	
Lolobato.	" 30	7 30	0.69227	8.2234	8.2205		Tent.
128° 6′ 0″		8 15	0.69202	8.2260	8.2207		Bad observation.
— 1 17 0		9 5	0.69188	8.2250	8.2172		
	July 1	7 10	0.69220	8.2222	8.2262		
		7 55	0.69200	8.2258	8.2281		
	" 2	7 5	0.69250	8.2287	8.2340		
		7 50	0.69190	8.2264	8.2290		Bad.
		8 35	0.69182	8.2274	8.2274	8.2329	
Menado.	" 7	7 55	0.69158	8.2876	8.2899		Tent.
124° 49′ 47″		8 35	0.69178	8.2922	8 2922		
— 1 29 39	" 9	7 40	0.69157	8.2742	8.2774		
		8 20	0.69164	8.2794	8.2802		
	" 10	7 40	0.69140	8.2748	8.2780		
		8 5	0.69120	8.2818	8.2834		
	" 11	7 50	0.69127	8.2812	8.2838		
		8 30	0.69132	8.2872	8 2875	8.2916	
Gorontalo.	" 15	8 0	0.69050	8 2436	8.2455		Tent.
123° 2′ 50″		8 45	0.69132	8.2468	8 2463		
— 0 30 10	" 16	7 50	0 69132	8.2418	8.2444		
		8 30	0.69121	8.2465	8.2468		
	" 17	7 45	0.69095	8.2440	8.2470		
		8 25	0 69105	8 2496	8.2502		
	" 18	7 40	0.69084	8.2430	8.2462		
		8 25	0.69110	8.2440	8.2446	8.2531	
Tomini.	" 26	7 50	0.69056	8.3165	8.3191		Tent.
120° 32′ 1″		8 35	0 69077	8.3207	8.3207		
— 0 30 20	" 27	7 15	0.69023	8.3184	8.3232		One figure by interpo-
		8 5	0.69015	8.3268	8.3284		lation.
	" 28	7 15	0.69045	8.3192	8.3240		
		8 0	0.69063	8.3216	8.3235		
		8 35	0.69023	8.3174	8.3174		Wind.
	" 29	7 35	0.69023	8.3186	8.3218		
		8 20	0.69084	8.3236	8.3244	8.3300	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day	M = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Pangi	Aug. 6, 7[illegible]	7h 50m	0.69050	8.2652	8.2716		Tent.
120° 10′ 6″		8 35	0.68959	8.2708	8.2750		
+0 48 30		8 45	0.68953	8.2808	8 2819		One figure by interpolation.
	" 7	7 35	0.68990	8.2678	8.2726		
		8 40	0 68967	8.2728	8.2742		
	" 8	8 20	0.68923	8.2740	8.2761		
	" 9	7 10	0.69002	8.2634	8 2690		
		8 0	0.68962	8.2706	8.2741	8.2819	
Mogo.	" 14	7 50	0.69037	8.2336	8.2378		Open air, in the shadow of a rock.
122° 0′ 23″		8 45	0.68977	8.2427	8.2438		
+0 26 29	" 15	7 35	0.68963	8.2388	8.2436		The movements of the vibrating needle were often rather irregular, perhaps on account of the rather strong wind.
		8 25	0.68973	8.2448	8.2470		
	" 16	8 55	0.68965	8 2462	8.2469		
		9 20	0.68981	8.2503	8.2500		
		9 55	0.68990	8.2540	8.2532	8.2535	
M[illegible]kia	" 18	7 30	0.68956	8.2820	8.2871		Tent.
123° 5′ 3″		8 15	0.68925	8.2824	8.2851		The same remark as for Mogo.
+ 0 23 36	" 19	7 [illegible]	0.68942	8.2848	8.2896		
		8 20	0.68968	8 2892	8.2916		
	" 20	7 10	0.68950	8.2790	8.2846		
		7 55	0.68895	8.2834	8.2873		
	" 21	8 25	0.68942	8.2870	8.2892		
		9 0	0.68903	8 2856	8.2861	8.2951	
Pondang	" 26	7 25	0.68946	8 2164	8.2217		Tent.
124 28′ 5″		8 15	0.68930	8.2210	8.2237		
−0 26 13	" 28	7 40	0.68843	8.2188	8.2236		
		8 10	0.68897	8.2228	8.2257		
		9 5	0.68833	8.2266	8.2268		
		9 40	0.68932	8.2326	8.2318		
		10 25	0.68884	8.2268	8.2262		
		10 55	0.68917	8.2282	8.2283	8.2335	
Kema	Sept. 1	8 0	0.68805	8 2838	8.2882		Tent.
125° 4′ 17″		8 40	0.68834	8.2878	8.2901		Both days were windy, and on the second day the temperatures are rendered uncertain by an error on my side.
− 1 21 44		9 55	0.68839	8.2856	8.2857		
		10 40	0.68814	8.2872	8.2876		
		11 15	0 68798	8.2866	8.2887		
		11 45	0.68820	8.2902	8.2939		
	" 2	7 45	0 68805	8.2784	8.2841		From this time until the end of the year, the temperature is often a little uncertain.
		8 40	0.68841	8.2810	8.2848		
		9 5	0.68843	8.2808	8 2819		
		9 40	0.68798	8 2782	8.2783		
		10 20	0.68787	8.2786	8.2789		
		10 40	0.68794	8.2774	8 2782	8.2925	
Madjene.	" 22	7 5	0.68764	8.2242	8 2320		In a shed.
118° 57′ 36″		7 30	0.68755	8 2265	8.2317		The first day was windy after 8h a. m.
+ 3 33 10		8 45	0.68784	8 2283	8.2303		
		9 25	0.68763	8.2306	8 2310		
	" 23	6 40	0.68765	8 2266	8.2345		
		7 35	0.68773	8.2280	8.2337		
	" 24	8 5	0 68763	8.2350	8.2391		
		8 45	0.68772	8.2338	8.2358	8.2410	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Mamoedjoe.	Sept. 29, '75	7h 0m	0.68724	8.2390	8.2469		Tent.
118° 52′ 50″		7 45	0.68680	8.2440	8.2495		Thunder.
+2 40 8		8 50	0.68733	8.2446	8.2465		
		9 40	0.68726	8.2480	8.2481		
	" 30	7 50	0.68723	8.2408	8.2460		One reading uncertain.
		8 45	0.68708	8.2467	8.2487		
	Oct. 1	7 40	0.68717	8.2422	8.2476		
		8 40	0.68747	8.2450	8.2471	8.2551	
Krosa.	" 4	7 45	0.68660	8.2392	8.2445		Under a shed. Bad observation.
119° 12′ 0″		8 30	0.68700	8.2500	8.2526	8.2561	
+1 49 30							
Doellah.	" 30	7 55	0.68603	8.2088	8.2134		Tent.
132° 44′ 12″		8 30	0.68597	8.2130	8.2156		
+5 33 53		9 25	0.68593	8.2124	8.2126	8.2214	
Feer.	" 31	7 10	0.68546	8.1935	8.1998		Tent.
132° 54′ 20″		7 40	0.68604	8 2028	8.2083		
+5 53 40		8 20	0.68503	8.1892	8.1923		
		9 0	0.68595	8.2002	8.2013		
		10 10	0.68607	8.2002	8.2005		
		10 30	0.68627	8.2114	8.2115		
		11 15	0.68573	8.2026	8.2045	8.2101	Uncertain.
Dobbo.	Nov. 2	7 15	0.68574	8.1980	8.2048		Tent.
134° 20′ 40″		8 5	0.68549	8 1970	8 2006		On the 2d the wind
+5 44 30		9 10	0.68511	8.2084	8.2088		rendered it difficult to
	" 3	7 50	0.68583	8.1996	8.2042		hear the chronometer.
		8 40	0.68585	8.2007	8.2024		
		9 15	0.68530	8.2022	8.2024		
	" 4	7 55	0.68550	8.1988	8.2031		Not very good.
		8 45	0.68546	8.2035	8.2050	8.2114	
Meiriri.	" 9	8 5	0.68553	8.1820	8.1856		Tent.
134° 24′ 0″		8 50	0.68593	8.1907	8.1999		
+5 33 30		9 40	0.68538	8.1930	8.1926	8.1975	
Amahaai.	Dec. 5	8 0	0.68423	8.2480	8.2484		Tent.
128° 56′ 0″		8 40	0.68473	8.2503	8 2486		
−3 19 40	" 6	7 45	0.68393	8.2522	8.2537		
		8 25	0.68424	8 2580	8.2571		
	" 7	7 35	0.68418	8.2480	8.2497		
		8 10	0.68430	8.2502	8 2500		
	" 8	7 30	0.68420	8 2467	8 2487		
		8 10	0.68451	8.2538	8.2536	8.2587	
Haja.	" 12	7 30	0.68424	8.2456	8.2476		Under a shed.
129° 33′ 37″		8 10	0.68437	8.2486	8.2484		
+3 24 11	" 13	6 50	0.68382	8.2438	8.2477		
		7 30	0.68410	8.2476	8 2496		
		8 15	0.68394	8.2510	8.2506		Bad observation.
		9 0	0 68443	8.2510	8.2484		
	" 14	7 25	0.68390	8.2474	8.2496		
		8 5	0.68399	8.2507	8 2508	8.2566	Wind.

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Saparoca.	Dec. 18, '75	7h20m	0.68407	8.2463	8.2489		Tent.
128° 38′ 36″		8 5	0.68450	8.2503	8.2504		First day windy, the
+ 3 34 37		9 5	0.68407	8.2522	8.2493		19th I was unwell.
		9 35	0.68378	8.2505	8.2466		
		10 15	0.68372	8.2492	8.2456		
		10 50	0.68369	8.2518	8.2486		
	„ 19	7 20	0.68344	8.2508	8.2534		
		7 55	0.68358	8.2538	8.2546		
		8 55	0.68344	8.2564	8.2540		
		9 25	0.68353	8.2588	8.2554		
		10 5	0.68347	8.2606	8.2568		
		10 35	0.68353	8.2617	8.2579	8.2593	
Bandjermasin	Febr. 2,'76	8 20	0.68069	8.1790	8.1809		Tent.
114° 34′ 38″		8 55	0.68107	8.1860	8.1862		
+ 3 18 55	„ 3	8 35	0.68195	8.1786	8.1797		Windy.
	„ 4	8 25	0.68112	8.1780	8.1797		The sun had been invisi-
		9 30	0.68168	8.1832	8.1820		ble, and when it was visible
	„ 5	8 15	0.68130	8.1824	8.1846		one half of the first obsn
		9 20	0.68170	8.1896	8.1888		was made, so that the other
	„ 6	8 10	0.68152	8.1698	8.1722		half was done half an hour
		8 50	0.68162	8.1666	8.1670	8.1801	later. This occurs again and will be recorded by: „Declination between".
Sampit.	„ 9	7 0	0.68096	8.2105	8.2170		Tent.
112° 57′ 4″		8 50	0.68121	8.2164	8.2168		
+ 2 29 31		9 45	0.68149	8.2186	8.2173		
		10 35	0.68088	8.2208	8.2196		
		11 10	0 68123	8.2224	8.2225		
	„ 10	7 25	0.68083	8.2148	8.2197		
		8 20	0.68127	8.2173	8.2193		
		9 15	0 68113	8.2245	8.2238		
		9 55	0.68093	8.2202	8.2189		
		10 55	0.68130	8 2224	8 2221	8.2181	
Martapoera.	„ 14	9 50	0.68121	8.2038	8 2025		The first observation in
114° 49′ 28″		10 30	0.68069	8.2026	8.2015		an existing gallery, the
+ 3 28 45		11 15	0.68088	8.2035	8.2045		others in tent.
	„ 15	7 20	0 67957	8 2080	8.2132		
		8 5	0.67878	8.1958	8.1985		
		9 15	0.67858	8.2040	8.2033		
		10 15	0.67881	8.2066	8.2056		
		11 0	0.67814	8.2018	8.2014	8.2038	
Mantalat.	„ 20	7 25	0.67850	8.2463	8.2504		Tent.
114 52′ 56″		8 50	0.67842	8.2463	8.2467		Declination between.
+ 1 22 51	„ 22	7 20	0.67795	8.2576	8.2628		Weather very bad, some
		8 5	0.67797	8.2587	8.2614		of the observations are
		8 50	0.67784	8.2652	8.2655		hastily done.
	„ 24	7 25	0.67857	8.2572	8.2620		
		8 5	0.67819	8.2634	8.2661	8.2593	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	Y = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Marabahan.	Febr. 26,'76	7h35m	0.67819	8.1944	8.1987		Under a shed.
114° 37′ 24″		8 20	0 67790	8.1996	8.2015		
+ 2 56 35		9 15	0.67790	8.2020	8.2013		
		10 10	0 67784	8.2046	8.2037		
		10 40	0.67795	8.2035	8 2025		
		11 15	0.67816	8.2062	8 2069		
	′ 27	7 35	0.67784	8.1918	8.1961		
		8 15	0.67797	8.1952	8.1974	8.2010	
Amoentai.	″ 29	7 15	0.67772	8.1920	8.1979		Under a shed.
115° 11′ 5″		8 0	0.67825	8.1970	8.2000		
+ 2 18 34		9 5	0 67760	8.2003	8.2001		Bad observation.
		9 50	0.67786	8.2044	8 2031		
		10 40	0.67805	8.2020	8.2010		
	March 1	7 5	0 67747	8.1930	8 1953		
		9 10	0.67773	8.2040	8.1994		
		10 15	0.67790	8.2060	8.2009		
		10 55	0.67810	8.2058	8.2014	8.1999	
Pati.	″ 24	8 15	0.67661	8.0443	8.0424		Tent.
111° 1′ 9″		8 55	0.67688	8.0516	8.0477		
+ 6 45 20		9 35	0.67692	8.0568	8 0514		
	″ 25	8 0	0.67667	8 0547	8 0536		
		8 45	0.67758	8 0614	8.0579		Not very good.
		9 25	0 67739	8 0588	8.0537		
	″ 26	8 25	0.67707	8.0428	8.0404		
		9 5	0 67731	8.0443	8.0400	8.0484	
Karimon Djawa.	April 2	8 0	0 67685	8.0572	8.0581		Tent.
110° 25′ 11″		8 25	0.67693	8.0558	8.0554		
+ 5 52 56		9 10	0 67702	8.0550	8.0524		
		9 40	0.67725	8.0597	8.0562		
	″ 3	7 45	0.67693	8.0520	8.0540		
		8 20	0.67685	8.0530	8.0528		
		9 0	0.67680	8.0525	8.0504	8.0542	
Tjilatjap.	May 1	8 20	0.67577	7.9458	7.9447		Open air.
109° 0′ 16″		9 20	0.67591	7.9528	7.9489		
+ 5 52 52		10 5	0.67608	7.9552	7.9509		
	″ 2	7 55	0.67550	7.9504	7.9507		
		9 5	0.67582	7.9520	7.9486		
		9 50	0.67583	7.9537	7·9493		
		10 20	0 67588	7.9542	7.9500	7.9490	
Tjandjoer.	″ 17	8 20	0.67523	7.9242	7.9230		Open air.
107° 8′ 0″		9 30	0.67570	7.9322	7.9279		
+ 6 49 27		10 15	0.67550	7.9312	7.9271		
		11 0	0.67558	7.9356	7.9321		
	″ 18	8 35	0.67480	7.9243	7.9224		
		9 45	0.67537	7.9318	7.9274		
		10 30	0.67570	7.9310	7.9268		
		11 10	0.67540	7.9316	7.9286	7.9269	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	M = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Anjer.	June 3, '76	8h15m	0.67490	7.9614	7.9561		Tent.
105° 54′ 34″		9 20	0.67043	7.9656	7.9573		
+ 6 3 13	" 4	8 25	0.67448	7.9643	7.9585		
		9 30	0.67513	7.9690	7.9603		
		10 10	0.67501	7.9658	7.9574		
	" 5	8 20	0.67467	7.9533	7.9478		Some difficulty in reading
		9 20	0.67485	7.9562	7.9478	7.9550	the chronometer.
Teloek Betoeng.	" 9	8 25	0.67440	7.9722	7.9664		Tent.
105° 14′ 44″		9 40	0.67493	7.9744	7.9656		
+ 5 25 31	" 10	8 5	0.67482	7.9697	7.9649		Indifferent observation.
		9 15	0.67483	7.9758	7.9676		
		9 55	0.67471	7.9755	7.9667		
	" 17	10 10	0.67462	7.9753	7.9669		Bad observation.
		10 40	0.67439	7.9738	7.9654	7.9662	
Katimbang.	" 13	8 5	0.67467	7.9642	7.9549		Tent.
105° 36′ 45″		9 5	0.67480	7.9648	7.9571		
+ 5 49 20		9 45	0.67451	7.9666	7.9578		
	" 14	8 10	0.67462	7.9662	7.9611		
		9 10	0.67477	7 9698	7.9618		
		9 55	0.67483	7.9662	7.9574		
		10 35	0.67477	7 9702	7.9615	7.9594	
Krakatahoe.	" 19	8 0	0 67453	7.9864	7.9819		Tent.
105° 27′ 30″		8 45	0.67456	7.9883	7.9844		
+ 6 7 20		9 40	0.67445	7.9892	7.9803		
		10 15	0.67482	7.9954	7.9869		
	" 20	8 25	0.67427	7.9642	7.9583		
		9 15	0.67431	7 9658	7.9576		
		10 0	0.67442	7.9662	7.9574		
		10 40	0.67476	7.9673	7.9589	7.9703	
Singkawang.	July 10	8 5	0.67416	8.2892	8.2908		First day open air, second
108° 59′ 23″		8 50	0.67434	8 2926	8.2919		day tent, and somewhat
— 0 54 53		9 25	0.67411	8.2968	8 2947		altered position.
		10 10	0.67422	8.2968	8.2948		
		10 45	0.67431	8.2956	8.2935		
	Aug. 10	8 50	0.67271	8.3070	8.3079		
		9 30	0.67317	8.3077	8.3070		
		10 15	0.67222	8.3027	8.3021		
		10 55	0.67285	8.3077	8.3078	8.2989	
Pontianak.	July 13	8 5	0.67373	8.2617	8.2633		Tent.
109° 19′ 38″		9 10	0.67338	8.2728	8 2712		
+ 0 1 20	" 14	8 30	0.67324	8.2688	8.2691		
		9 35	0.67400	8.2714	8.2690		
	Aug. 2	7 25	0.67305	8.2632	8.2685		
		8 5	0.67305	8.2658	8.2690	8.2684	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Tajang.	July 16, '76	7h 30m	0.67341	8.2954	8.2989		Tent.
110° 8′ 30″		8 40	0.67369	8.3020	8.3018		
0 0 0		9 35	0.67340	8.3046	8.3022		
		10 25	0.67352	8 3044	8.3022		
		11 0	0.67370	8.3030	8.3015		
	" 17	6 55	0.67323	8.2936	8.2990		Bad observation.
		7 35	0.67349	8.3038	8.3070	8 3018	
Sintang.	" 23	7 55	0.67305	8.2393	8.2446		First day in a shed, second day in tent.
111° 30′ 56″		8 35	0.67386	8.2442	8.2442		
— 0 4 30		9 35	0.67312	8.2474	8.2450		
		10 20	0.67299	8.2454	8.2432		
	" 28	7 15	0.67315	8.2372	8 2420		
		7 55	0.67324	8.2395	8.2418		
		8 50	0.67305	8.2432	8.2425		
		9 30	0.67337	8.2452	8.2429	8.2429	Bad observation.
Nanga Pino.	" 25	7 5	0.67323	8.2507	8.2560		Tent.
111° 43′ 24″		9 20	0 67305	8.2550	8.2531		
+ 0 19 24		9 55	0.67329	8.2588	8.2564		
	" 26	7 20	0.67280	8.2374	8.2415		A little uncertain.
		8 50	0.67329	8.2570	8.2563		
	" 27	7 10	0.67303	8.2550	8.2590		
		7 50	0.67323	8.2484	8.2510		
		8 50	0 67321	8.2520	8.2513	8.2531	
							Tent.
Soekadana.	Aug. 4	7 55	0.67299	8.2492	8.2531		
109° 56′ 25″		9 5	0.67287	8.2507	8.2509		
+ 1 14 33	" 5	9 20	0.67323	8.2462	8.2458		
		10 0	0.67318	8.2472	8.2464		
	" 6	7 55	0.67299	8.2418	8.2457		
		8 35	0 67326	8.2428	8.2445		
		9 15	0.67277	8.2436	8.2434	8.2471	
Tandjoeng-Pandan	" 14	8 20	0.67240	8.1506	8.1530		Tent.
107° 38′ 29″		9 20	0.67315	8.1570	8.1567		
+ 2 44 39	" 15	8 20	0.67239	8.1495	8.1519		
		9 15	0.67253	8.1532	8.1524		
	" 16	8 10	0.67270	8.1527	8.1556		
		9 20	0 67303	8.1552	8.1548	8.1541	
Mangar.	" 20	8 10	0.67247	8.1570	8.1549		Tent.
108° 15′ 30″		9 20	0.67247	8.1580	8.1577		
+ 2 52		10 0	0.67213	8.1566	8.1558		
		10 40	0.67245	8.1608	8.1603		
	" 21	8 20	0.67157	8.1546	8.1570		
		9 35	0.67213	8.1612	8.1604		
		10 20	0.67222	8.1590	8.1584		
		10 55	0.67203	8.1585	8.1587	8.1585	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	M = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Benkoelen.	Sept. 23, '76	6h 55m	0.67146	7.9587	7.9666		Tent.
102° 14′ 14″		7 40	0.67146	7.9650	7.9707		From different reasons,
+ 3 47 35		8 55	0.67254	7.9808	7.9824		the observations here are
	" 25	8 5	0.67140	7.9642	7.9683		of inferior quality.
		9 0	0.67083	7.9688	7.9702		
	" 26	8 0	0.67141	7.9726	7.9770		
		9 45	0.67182	7.9706	7.9707	7.9723	
Taba-Penandjoeng.	" 28	8 20	0.67141	8.0292	8.0325		Tent.
102° 25′ 10″		9 25	0.67153	8.0306	8.0310		
+ 3 31 14		10 5	0.67103	8.0328	8.0330		
		10 45	0.67093	8.0320	8.0324		
	" 29	7 35	0.67321	8.0088	8.0145		
		9 0	0.67231	8.0194	8.0208		
		9 45	0.67144	8.0398	8.0399		
		10 25	0.67144	8.0440	8.0443	8.0307	
Kebau-Agoeng.	Oct. 3	9 20	0.67141	8.1476	8.1480		Tent.
102° 42′ 39″		10 5	0.67135	8.1509	8.1500		A narrow valley, sur-
+ 3 36 25		10 35	0.67080	8.1514	8.1514		rounded on all sides by
		11 15	0.67083	8.1476	8.1495		mountains.
	" 4	7 40	0.67086	8.1338	8.1393		
		8 20	0.67098	8.1388	8.1419		One figure by interpol-
		9 25	0.67073	8.1467	8.1469		ation.
		10 5	0.67083	8.1440	8.1440	8.1464	
Talang-Padang.	" 6	8 0	0.67035	8.0082	8.0124		Tent.
102° 53′ 39″		9 30	0.66987	8.0078	8.0078		The first observation
+ 3 35 47		10 15	0.66968	7.9967	7.9968		declination between.
		11 5	0.67027	8.0042	8.0029		No apparent reason for
	" 7	8 25	0.66950	7.9882	7.9911		the important difference
		9 30	0.67209	7.9922	7.9922		in the figures.
		10 10	0.66987	7.9792	7.9795		
		10 50	0.67061	7.9893	7.9900	7.9967	
Koeboer.	" 14	7 50	0.66979	8.0297	8.0346		Tent.
103° 2′ 1″		8 45	0.67020	8.0336	8.0354		
+ 3 22 50		9 30	0.66992	8.0390	8.0390		
		10 5	0.67020	8.0368	8.0368		
	" 15	7 25	0.66970	8.0286	8.0336		
		8 35	0.66992	8.0345	8.0368		
		9 15	0.66998	8.0360	8.0365		
		10 5	0.66992	8.0360	8.0360	8.0361	
Mocara-Bliti.	" 17	7 45	0.66968	8.0325	8.0378		Tent.
103° 2′ 10″		8 50	0.66928	8.0392	8.0407		One reading uncertain.
+ 3 16 16		9 35	0.66983	8.0400	8.0399		
		10 10	0.66983	8.0348	8.0351		
	" 18	8 25	0.66923	8.0384	8.0413		Bad observation.
		9 35	0.66974	8.0393	8.0393		
		10 15	0.66873	8.0338	8.0341		
		10 55	0.66993	8.0402	8.0411	8.0387	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Soengei-Pinang.	Oct. 22,'76	10h10m	0.66953	8.0688	8.0691		Tent?
103°20′33″		10 50	0.66934	8.0664	8.0670		
+2 55 25	" 23	7 20	0.66979	8.0582	8.0646		
		8 45	0.66973	8.0593	8.0611		
		9 25	0.66883	8.0570	8.0572		
		10 0	0.66951	8.0604	8.0603	8.0632	
Moeara-Poendjoeng.	" 26	8 25	0.66905	8.0658	8.0687		Tent.
		9 40	0.66971	8.0728	8.0727		Indifferent observation.
103°44′13″		10 20	0.66943	8.0698	8.0699		
+2 47 48		11 0	0.66945	8.0714	8.0722		
	" 27	7 10	0.66962	8.0690	8.0753		
		7 50	0.66942	8.0628	8.0678		
		8 55	0.66982	8.0707	8.0721		
		9 35	0.66990	8.0720	8.0719	8.0713	
Sekajoe.	" 28	7 30	0.66894	8.0780	8.0829		Tent.
103°49′54″		8 30	0.66922	8.0796	8.0812		
+2 52 44		9 35	0.66945	8.0746	8.0745		
		10 10	0.66977	8.0848	8.0851		
	" 29	7 45	0.66951	8.0818	8.0871		
		8 50	0.66997	8.0900	8.0916		
		9 30	0.66938	8.0838	8.0839		
		10 10	0.66954	8.0840	8.0843	8.0838	
Rantan-Bajoer.	Nov. 2	8 15	0.66873	8.0922	8.0953		Tent.
104°17′59″		9 10	0.66873	8.0945	8.0949		
+2 59 54		10 5	0.66897	8.0915	8.0912		
		10 40	0.66979	8.0890	8.0889		
	" 3	9 30	0.66903	8.0924	8.0921		
		10 5	0.66913	8.1008	8.1005		
		10 45	0.66907	8.0988	8.0987	8.0945	
Blian.	" 4	8 5	0.66920	8.0642	8.0678		Tent.
104°24′31″		9 15	0.66899	8.0657	8.0658		On the second day, the
+3 1 1		10 5	0.66918	8.0707	8.0703		temperature uncertain.
		10 55	0.66923	8.0682	8.0688		
	" 5	7 50	0.66877	8.0618	8.0664		
		8 55	0.66860	8.0684	8.0695		
		9 50	0.66868	8.0672	8.0668	8.0678	
Batoe-Radja.	" 15	9 30	0.66916	8.0066	8.0063		Tent.
104° 9′35″		10 5	0.66913	8.0032	8.0028		
+2 59 26	" 16	7 45	0.66882	8.0044	8.0094		
		8 50	0.66879	8.0035	8.0048		Bad observation.
		9 30	0.66863	8.0114	8.0111		
	" 17	8 20	0.66828	8.0076	8.0104		
		9 15	0.66843	8.0053	8.0055		
		10 0	0.66790	7.9990	7.9986	8.0061	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Doeren.	Nov. 18, '76	8h10m	0.66865	8.0372	8.0405		Tent.
104° 17′ 57″		9 5	0.66830	8.0386	8.0392		
+3 58 38		9 50	0.66839	8.0390	8.0386		
		10 35	0.66856	8.0380	8.0377		
	" 19	7 55	0.66910	8.0385	8.0428		
		8 55	0.66848	8.0288	8.0299		
		9 40	0.66843	8.0314	8.0310		
		10 10	0.66865	8.0368	8.0368	8.0371	Wind.
Mocara-Kocang.	" 20	8 20	0.66854	8.0762	8.0790		Tent.
104° 56 39″		9 15	0.66856	8.0798	8.0800		
+3 37 55	" 21	7 20	0.66833	8.0714	8.0775		One figure by interpolation.
		8 0	0.66830	8.0772	8.0811		
		9 15	0.66859	8.0814	8.0816		
	" 22	7 15	0.66853	8.0748	8.0816		
		7 55	0.66837	8.0774	8.0817		
		9 0	0.66833	8.0770	8.0779	8.0801	
Tandjoeng-Radja.	" 23	7 55	0.66854	8.0757	8.0799		Tent.
104 48 38″		9 10	0.66860	8.0805	8.0809		First observation is a
+3 11 37		9 55	0.66830	8.0787	8.0783		bad one, declination be-
		10 35	0.66860	8.0848	8.0815		tween.
	" 24	7 5	0.66828	8.0700	8.0773		
		8 40	0.66867	8.0760	8.0778		
		9 20	0.66865	8.0770	8.0771		
		10 0	0.66853	8.0794	8.0790	8.0790	
Muntok.	" 30	8 25	0.66833	8.1317	8.1342		Tent.
105° 9 17″		9 25	0.66839	8.1378	8.1378		
+2 3 55	Dec. 1	8 20	0.66833	8.1330	8.1323		Strong wind, weather
		9 25	0.66848	8.1398	8.1351		was here often windy.
		10 25	0.66831	8.1386	8.1349		
	" 2	9 15	0.66820	8.1345	8.1312		
		10 0	0.66843	8.1350	8.1311		
	" 3	7 45	0.66849	8.1375	8.1390		
		9 15	0.66862	8.1409	8.1375	8.1348	
Riouw.	" 13	8 5	0.66797	8.2240	8.2241		Tent.
104° 25′ 43″		9 5	0.66786	8.2270	8.2241		Bad, windy weather.
−0 55 50	" 14	8 5	0.66782	8.2274	8.2275		
		9 0	0.66810	8.2306	8.2280		
	" 15	7 15	0.66785	8.2218	8.2252		
		7 55	0.66756	8.2258	8.2266		
		9 0	0.66754	8.2310	8.2284	8.2258	
Serawak.	" 27	8 15	0.66767	8.2950	8.2946		Tent.
110° 23 37″		8 50	0.66771	8.2966	8.2944		Weather very bad; ob-
−1 34 20		9 30	0.66777	8.2966	8.2928		servations hastily done,
	" 28	7 50	0.66737	8.2960	8.2971		the first especially is not
		8 20	0.66782	8.2990	8.2983		a good one.
		9 5	0.66753	8.3098	8.2989	8.2960	

Name of station. Longitude. Latitude	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	Remarks.
Singapore.	Jan. 2, '77	7h 20m	0.66757	8.2390	8.2440		Tent.
103° 50′ 44″		7 55	0.66733	8.2404	8.2436		
—1 17 31	" 3	7 50	0.66742	8.2458	8.2493		
		8 30	0.66754	8.2492	8.2504		
	" 4	7 30	0.66753	8.2398	8.2443		Temperature uncertain.
		8 10	0.66745	8.2418	8.2440		
	" 5	8 5	0.66748	8.2366	8.2391		
		8 45	0.66647	8.2276	8.2280	8.2353	Strong wind.
Karimon.	" 9	7 45	0.66754	8.2280	8.2319		Tent.
103° 26′ 24″		8 55	0.66731	8.2290	8.2290		
—0 59 10		9 40	0.66754	8 2304	8.2289		One figure by interpolation.
		10 30	0.66727	8.2352	8.2339		
	" 10	8 0	0.66716	8.2236	8.2264		
		9 20	0.66750	8.2332	8.2322	8.2229	
Tandjoeng-Tor.	" 13	7 55	0.66753	8.2456	8.2488		Tent.
102° 37′ 45″		9 5	0.66703	8.2468	8.2464		
—1 52 15		9 45	0.66710	8.2486	8.2471		
		10 20	0.66708	8.2534	8.2521		
	" 14	8 5	0.66722	8.2476	8.2501		
		9 5	0.66690	8.2505	8.2500		
		9 45	0.66680	8.2570	8.2555	8.2425	
Malakka.	" 16	8 30	0.66693	8.2514	8.2526		Tent.
102° 12′ 15″		9 10	0.66722	8.2564	8.2557		Windy weather. The second and third figures are a little uncertain.
—2 11 30	" 17	8 15	0.66694	8.2556	8.2576		
		8 55	0.66699	8 2596	8.2596		
		9 40	0.66697	8.2587	8.2571		
	" 18	7 45	0.66685	8.2514	8.2553		
		8 30	0.66694	8.2520	8.2532		
		9 15	0.66663	8.2566	8.2557	8.2484	
Salangore.	" 23	7 55	0.66662	8.2657	8.2688		Tent.
101° 13′ 45″		8 40	0.66683	8.2728	8.2735		
—3 20 0		9 35	0.66685	8.2770	8.2755		
		10 10	0.66644	8 2748	8.2737		
	" 24	8 20	0.66683	8.2768	8.2785		
		9 5	0.66679	8.2784	8.2779		
		10 10	0.66668	8.2738	8 2727		
		10 50	0.66644	8.2762	8.2754	8.2670	
Kalang.	" 27	8 10	0.66651	8.2748	8.2770		Tent.
101° 27′ 15″		8 50	0.66587	8.2695	8.2695		
—3 3 20	" 28	7 50	0.66668	8.2657	8.2692		Bad observation.
		8 35	0.66650	8.2617	8.2626		
	" 29	8 0	0.66635	8.2738	8.2766		
		8 40	0.66627	8.2702	8.2709		
	" 30	8 0	0.66674	8 2732	8.2760		
		8 45	0.66627	8.2670	8.2674	8.2637	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	M = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
P[illegible]	Febr 9, '77	8 25[m]	0.66544	8.3010	8.3027		Tent.
100° 40′		9 10	0.66653	8.3038	8.3033		One figure by interpolation.
—4 44		10 10	0.66660	8.3068	8.3059		
		10 45	0.66680	8.3084	8.3074		
	" 10	8 10	0.66637	8.3040	8.3064		
		8 50	0.66633	8.3066	8.3070		
		10 0	0.66626	8.3084	8.3071		
		10 40	0.66653	8.3144	8.3134	8.2989	
Georgetown.	" 15	8 10	0.66557	8.3180	8.3204		Tent
100° 15′ 40″		8 50	0.66593	8.3228	8.3232		
—5 24 40	" 16	8 20	0.66580	8.3192	8.3211		Vibrating needle very unsteady.
		9 0	0.66600	8.3230	8.3230		
	" 17	7 25	0.64933	8.3160	8.3208		
		8 10	0.64926	8.3214	8.3238		
	" 18	7 35	0.64893	8.3242	8.3285		
		8 15	0.64914	8.3255	8.3277	8.3161	
Olehleh.	" 24	8 15	0.64853	8.2507	8.2529		Tent.
95° 18′ 55″		9 0	0.64849	8.2536	8.2536		One figure by interpolation.
—5 37 50	" 25	7 55	0.64840	8.2562	8.2596		
		8 35	0.64791	8.2580	8.2591		
	" 26	7 5	0.64805	8.2430	8.2494		
		7 45	0.64799	8.2454	8.2495		
		8 30	0.64790	8.2528	8.2542	8.2465	
Pedir.	" 28	8 15	0.64799	8.2930	8.2952		Tent.
95° 59′ 20″		9 0	0.64811	8.3014	8.3014		
—5 23 20	March 1	8 5	0.64746	8.2934	8.2920		
		8 50	0.64797	8.3002	8.2965		
	" 2	7 40	0.64773	8.2868	8.2870		
		8 20	0.64765	8.2854	8.2832		
	" 3	9 15	0.64791	8.3032	8.2984		
		9 45	0.64763	8.3014	8.2960	8.2862	
Edi.	" 7	8 5	0.64720	8.2900	8.2886		Tent.
97° 45′ 30″		8 50	0.64754	8.2950	8.2913		
—4 58 30		9 35	0.64753	8.2943	8.2890		
		10 15	0.64749	8.2976	8.2925		
	" 8	7 15	0.64724	8.2806	8.2824		
		7 55	0.64756	8.2856	8.2849		
		8 40	0.64732	8.2948	8.2916		
		9 15	0.64776	8.3032	8.2983	8.2823	
P. Bras.	" 13	7 55	0.64756	8.2735	8.2728		Tent.
95° 6 44″		8 40	0.64751	8.2762	8.2730		
—5 44 42		9 20	0.64767	8.2800	8.2751		
		10 0	0.64751	8.2856	8.2802		
	" 14	7 40	0.64724	8.2714	8.2714		
		8 30	0.64750	8.2764	8.2737		
		9 10	0.64738	8.2794	8.2748		
		9 45	0.64760	8.2813	8.2759	8.2671	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of day.	m = magnetic moment.	Y = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day, and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876	Remarks.
Padang.	March 26, '77	8h 0m	0.64743	8.0724	8.0713		Tent.
100° 20′ 40″		8 45	0.64710	8.0712	8.0677		
+ 0 57 34	" 27	7 55	0.64743	8.0690	8 0683		
		8 40	0.64721	8.0716	8.0684		
	" 28	7 5	0.64732	8.0732	8.0755		
		7 50	0.64719	8.0844	8.0840		
	" 29	7 20	0.64729	8.0760	8.0771		
		8 5	0.64760	8 0870	8.0856	8.0672	
Sollok.	April 5	7 5	0.64703	8.1435	8.1478		Tent.
100° 50 22″		7 45	0.64710	8.1450	8.1470		
+ 0 46 40		9 0	0.64676	8.1497	8.1475		
		9 40	0.64706	8.1514	8.1480		
		10 25	0.64707	8.1525	8.1493		
	" 6	7 10	0 64686	8.1400	8.1430		
		7 50	0.64695	8.1442	8.1458	8.1386	
Sidjoendjoeng	" 8	7 30	0.64690	8.1358	8.1383		The first day, on account of the pouring rain, under a gallery, the other days in tent. The circumstances were unfavourable in many respects.
101° 14′ 7″		8 10	0.64703	8.1388	8.1391		
+ 0 41 27		9 5	0.64681	8.1403	8.1380		
	" 9	9 30	0.64673	8.1358	8.1325		
		9 55	0.64665	8.1414	8.1380		
	" 10	7 0	0.64676	8.1280	8.1324		
		7 55	0.64665	8.1328	8.1341	8.1286	
Boea.	" 12	8 25	0.64668	8.1520	8.1516		Tent.
101° 2 37″		9 5	0.64660	8.1500	8.1475		
+ 0 27 30		10 10	0.64671	8.1546	8.1516		
		10 35	0.64697	8.1642	8.1591		
	" 13	7 10	0.64659	8.1463	8.1493		
		7 50	0.64649	8.1508	8.1524		
		9 0	0.64706	8.1480	8 1459		One reading dubious.
		9 35	0.64714	8.1502	8.1468	8.1430	
Pajakombo.	" 18	7 15	0.64654	8.1732	8.1770		Tent. Weather throughout very bad. Vibration observation was rather difficult.
100° 59 22″		7 55	0.64633	8.1732	8.1745		
+ 0 12 40		9 0	0.64627	8 1796	8.1775		
	" 19	7 15	0.64630	8.1732	8.1770		
		7 55	0.64636	8.1756	8.1769		
		9 0	0.64646	8.1780	8.1759		
	" 20	7 20	0.64622	8.1728	8.1759		
		8 0	0.64597	8 1803	8.1812	8.1695	
Padang-Pandjang.	" 24	7 50	0.64577	8.0632	8.0648		Tent.
100° 37′ 12″		8 50	0.64653	8.0705	8.0688		
+ 0 21 34	" 25	7 10	0.64649	8.0728	8.0758		
		9 50	0.64649	8.0732	8.0698		
	" 26	7 0	0.64657	8.0714	8.0758		
		7 40	0.64637	8.0782	8.0804		
	" 27	7 50	0.64651	8.0724	8.0740	8.0653	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day, and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Fort de Kock.	April 28,'77	8h 0m	0.64586	8.1788	8.1797		Tent.
100° 19′ 7″		8 55	0.64617	8.1844	8.1825		Bad observation. The
+0 20 30		9 40	0.64609	8.1854	8.1820		day was windy.
		10 25	0.64630	8.1894	8.1862		
	" 29	8 5	0.64614	8.1784	8.1790		
		9 15	0.64649	8.1849	8.1820		
		10 10	0.64631	8.1864	8.1834		
		10 45	0.64641	8.1856	8.1825	8.1747	
Maniudjoe.	May 2	8 30	0.64609	8.1240	8.1223		Tent.
100° 8′ 39″		9 30	0.64597	8.1232	8.1189		The position on the two
+0 12 35		10 25	0.64627	8.1270	8.1228		days was not the same,
		10 55	0.64630	8.1288	8.1254		but the distance not large
	" 3	8 40	0.64631	8.1100	8.1078		enough to account for
		9 40	0.64603	8.1058	8.1014		such a difference
		10 30	0.64589	8.1070	8.1028	8.1070	
Si-Pisang.	" 7	7 25	0.64579	8.2035	8.2052		Tent?
100° 6′ 38″		8 15	0.64609	8.2090	8.2081		
+0 7 29		9 10	0.64600	8.2143	8.2107		
		10 10	0.64630	8.2170	8.2130		
	" 8	8 20	0.64603	8.2107	8.2095		
		9 0	0.64617	8.2164	8.2133		
		10 10	0.64636	8.2143	8.2103	8.2025	
Loeboe Sikapping.	" 11	8 5	0.64610	8.1856	8.1852		Tent.
99° 58′ 45″		9 0	0.64644	8.1846	8.1815		
−0 7 33		9 45	0.64616	8.1873	8.1829		
		10 25	0.64616	8.1872	8.1830		
	" 12	8 15	0.64627	8.1808	8.1799		
		9 10	0.64619	8.1837	8.1800		
		9 55	0.64619	8.1844	8.1800		
		10 45	0.64614	8.1884	8.1843	8.1746	
Salibawan.	" 14	7 10	0.64584	8.1154	8.1174		Tent.
99° 56′ 15″		8 0	0.64617	8.1246	8.1244		
−0 12 33		8 55	0.64611	8.1236	8.1204		
		9 40	0.64631	8.1357	8.1312		
		10 35	0.64653	8.1230	8.1187		
	" 15	6 55	0.64634	8.1162	8.1196		
		7 30	0.64611	8.1222	8.1237		Bad observation.
		8 10	0.64619	8.1200	8.1193	8.1143	
Rau.	" 17	6 55	0.64613	8.1814	8.1848		Tent.
99° 51′ 22″		8 25	0.64589	8.1878	8.1864		The first is a bad obser-
−0 33 33	" 18	6 50	0.64564	8.1862	8.1896		vation
		7 25	0.64581	8.1896	8.1913		
		8 10	0.64600	8.1890	8.1883		
	" 19	6 55	0.64616	8.1833	8.1868		
		7 35	0.64567	8.1800	8.1812		Bad observation.
		8 30	0.64587	8.1916	8.1899	8.1798	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of day.	m = magnetic moment.	X = horizontal intensity.	The same, corrected for the hour of the day, and for month.	Mean, reduced to the mean for 1876.	REMARKS.
Penjangei.	May 20,'77	7h35	0.64579	8.1375	8.1387		Tent.
99°46′ 42″		8 40	0.64590	8.1440	8.1418		
−0 35 53		9 25	0.64584	8.1472	8.1431		
		10 20	0.64577	8.1490	8.1448		
	" 21	7 40	0.64533	8.1438	8.1450		
		8 20	0.64601	8.1433	8.1422		
		9 20	0.64574	8.1452	8.1413	8.1349	
Kotta Nopan.	" 24	7 50	0.64590	8.1557	8.1463		Tent.
99°37′ 22″		8 55	0.64577	8.1552	8.1523		
−0 42 26		9 40	0.64555	8.1624	8.1580		
		10 50	0.64580	8.1615	8.1578		Wind.
	" 25	7 40	0.64550	8.1638	8.1650		
		8 40	0.64526	8.1587	8.1564		
		9 25	0.64527	8.1590	8.1549		
		10 45	0.64539	8.1643	8.1603	8.1489	
Penjaboengan.	" 27	7 55	0.64550	8 2046	8.2049		Tent.
99°26′ 57″		9 10	0.64574	8.2105	8.2069		
−0 51 22		10 0	0.64543	8.2077	8.2033		
		11 0	0.64549	8.2100	8.2065		
	" 28	7 55	0.64586	8.1948	8.1951		
		9 5	0.64567	8.1978	8.1945		
		9 50	0.64580	8.2020	8.1976		
		10 50	0.64571	8.2070	8.2036	8.1941	
Natal.	June 4	8 5	0.64558	8.1280	8.1232		Tent.
99° 6′ 15″		9 5	0.64567	8.1352	8.1274		
−0 33 17	" 5	8 0	0.64539	8.1322	8.1277		
		9 15	0.64539	8.1377	8.1294		
		9 55	0.64570	8.1338	8.1250		
	" 6	6 55	0.64477	8.1296	8.1286		
		7 35	0.64499	8.1324	8.1292		
		8 25	0.64526	8.1348	8.1290	8.1199	
Siboga.	" 7	7 50	0.64488	8.2020	8.1982		Tent.
98°45′ 50″		8 30	0.64487	8.2038	8.1977		
−1 44 21		9 10	0.64496	8.2012	8.1932	8.1889	
Singkel.	" 9	7 15	0.64469	8.2014	8.1998		Tent.
97°44′ 40″		7 55	0.64543	8.2100	8.2059		
−2 16 47	" 10	7 35	0.64510	8.2092	8.2060		
		8 45	0.64504	8.2152	8 2083		
	" 11	7 45	0.64516	8.2026	8.1992		Declination between.
		9 10	0.64557	8.2143	8.2063	8.1968	

ZUR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DES

NERVENSYSTEMS DER NEMERTINEN.

VON

A. A. W. HUBRECHT.

Die folgenden Untersuchungen wurden im Winter 1878 79 in der Zoologischen Station zu Neapel angefangen und seitdem sowohl an frischem wie an conservirtem Materiale weiter geführt. Der kräftigen Unterstützung, die mir von Seiten des Gründers jener Anstalt, sowie von Seiten seiner Assistenten, fortwährend zu Theil geworden, sei hier dankbar gedacht.

Die Arbeit zerfällt in drei Abschnitte:

I. *Anatomischer Bau und histologische Zusammensetzung des Nervensystems.*

II. *Historisches über die Deutung der sogenannten Seitenorgane, sowie Beschreibung einer Reihe von physiologischen Versuchen, die zur Aufklärung der Function dieser Organe angestellt wurden.*

III. *Einige allgemeine Gesichtspunkte, welche sich, ausgehend vom Nervensysteme und mit Rücksichtnahme auf die sonstigen Organisationsverhältnisse dieser Thiere, gewinnen lassen.*

I.

Das Nervensystem der Nemertinen besteht 1°. aus einem centralen Abschnitte in welchem fasrige, sowie zellige Elemente neben einander vorkommen, letz-

tere in der Form einer Belegschicht, welche den fasrigen Kern bis zum äussersten Hinterende des Körpers begleitet, 2⁰. aus einem Systeme, sich hiervon abzweigender peripherischer Nerven, welche sich zu den Sinnesorganen, der Haut, dem Rüssel, dem Verdauungscanal u. s. w. begeben.

Das *Centralnervensystem* zerfällt wiederum in zwei Abschnitte: in das vorn im Kopfe gelegene, aus mehreren Anschwellungen zusammengesetzte *Gehirn* und die beiden, die unmittelbare Forsetzung desselben bildenden und durch die ganze Länge des Körpers nach Hinten verlaufenden Stämme, die ich als *Nervenmarkstämme* bezeichnen will. Sie liegen entweder neben, oder unter, oder über dem Darmcanal und seinen Blindsäcken, vereinigen sich aber nie in der Medianlinie des Bauches und bilden somit nie einen Schlundring mit dem *stets über* dem Darmcanal gelegenen Gehirne. Entweder endigen sie frei, ganz in der Nähe des Afters, oder sie verbinden sich mit einander; in einigen Fällen vermittelst einer Commissur die, gleichwie das Gehirn, *über* dem Darmcanale, und zwar am äussersten Schwanzende gelegen ist. Ersteres findet sich bei allen bis jetzt darauf untersuchten Schizonemertini (IX), Letzteres bei *Pelagonemertes* (XXIII), *Amphiporus hastatus* (Fig. 4—7), *Amphiporus pulcher*, *Drepanophorus* und aller Wahrscheinlichkeit nach auch bei vielen anderen, noch nicht speziell darauf untersuchten Hoplonemertini. Diese dorsal gelegene Anal-Commissur, welcher, wie ich glaube und weiter unten noch näher betonen werde, eine hohe Bedeutung beigelegt werden muss, ist äusserst fein und deshalb wohl von früheren Forschern, die sich der Querschnitt-Methode nicht bedienten, übersehen worden. Nur an einer ununterbrochenen Reihe dünner Längsschnitte durch das hintere Körperende lässt sich nachweisen, dass die beiden Nervenmarkstämme, welche bis dicht an den Anus heran einen äusseren, ganglienzelligen Beleg führen, hier nicht blind enden, sondern durch eine über den Enddarm hinwegziehende Brücke feinster Nervenfasern in continuirliche Verbindung gesetzt werden. Auf dem medianen Sagittal-Schnitte, der also die hintere Oeffnung des Darmcanales in ihrer vollen Länge trifft, findet man den Querschnitt der Nervencommissur neben dem des Gefässstammes, der im Schwanze die beiderseitigen Blutgefässe mit dem Dorsalgefässe vereinigt. Die Schnitte durch die Commissur selbst entbehren des Ganglienzellenbeleges, der aber in den ersten Schnitten links und rechts vom Anus gleich wieder vorhanden ist. Bemerkenswerth ist, dass auch bei *Drepanophorus* diese Commissur aufgefunden wurde. Augenscheinlich nähert sich nämlich diese Gattung mit Bezug auf die Lagerung ihrer Nervenmarkstämme von allen Nemertinen am meisten dem Anneliden-typus, indem hier die beiden Nervenmarkstämme nach der ventralen Medianlinie gerückt sind und somit unter den beiderseitigen Darm-

blindsäcken ihren Verlauf nehmen. Um so auffallender ist es, dass sich auch bei dieser Gattung die Nervenmarkstämme gerade an der Schwanzspitze wieder emporbiegen um die erwähnte Commissur darzustellen.

Wie schon oben angedeutet, bieten die Lagerungsverhältnisse der Nervenmarkstämme auffallende Verschiedenheiten. Sahen wir sie bei *Drepanophorus* an der Bauchseite unweit der Mittellinie gelagert, so beschreibt schon QUATREFAGES ein ähnliches Verhalten bei seiner Gattung *Oerstedia*, und wird die hierin gegebene Annäherung zum Bauchmark der Anneliden auch schon von HARTING * und GEGENBAUR (IV) gewürdigt. Bei anderen HOPLONEMERTINI liegen sie lateral, so auch bei den meisten SCHIZONEMERTINI. Unter den Letzteren bietet aber die Gattung *Langia* eine bemerkenswerthe Abweichung, indem — zum Theil wohl unter dem Einflusse der Aufwulstung des Körperrandes — die beiden Nervenstämme mehr der *dorsalen* Medianlinie genähert sind, was besonders im vorderen Körperabschnitte deutlich ausgesprochen ist. Besteht also ein auffallender Wechsel in den Beziehungen der Nervenmarkstämme zu der Körperaxe, so ist dies nicht weniger der Fall in ihren Beziehungen zu der Muskulatur, und auch hier scheinen mir die Abweichungen von grosser morphologischer Bedeutung. Entweder können die Nervenmarkstämme — und wie wir nachher sehen werden ebenfalls das Gehirn — ganz ausserhalb der Körpermuskulatur,

---

* HARTING sagt wörtlich (*Leerboek der Dierkunde*, Bd. III, 2 Abth., S. 499): »Door toenadering der beide zijdestammen in de middellijn onder de spijsverteringsbuis en de vorming van ganglien op den weg der zenuwvezelen, alsmede van dwarse commissuren tusschen de wederzijdsche gangliën ontstaat nu de buikgangliënketen. Had daarentegen de toenadering plaats aan de rugzijde boven de spijsverteringsbuis, dan zoude een maaksel ontstaan dat in het wezen der zaak geheel aan een ruggemerg beantwoordde. Intusschen mag men vooral niet voorbijzien, dat het geenszins voldoende is aan te toonen, dat eene zaak zich als mogelijk zijnde laat denken, maar dat, om haar aannemelijk te maken, ook feiten ten betooge der juistheid van zulk eene beschouwing dienen te worden aangevoerd. Men zoude moeten kunnen wijzen op zekere tusschentrappen, waardoor de vervorming van de nog indifferente zijdestammen tot een ruggemerg althans aanschouwelijk werd gemaakt, evenals hunne vervorming tot een buikgangliënketen zich in werkelijk bestaande overgangsvormen van allerlei graden openbaart. Aan zulke tusschentrappen of overgangsvormen nu, ontbreekt het tot dusver ten eenenmale, en het laat zich ook niet als waarschijnlijk voorzien, dat men deze onder de thans levende dieren ooit ontdekken zal."

Die hier verlangten »Zwischenstufen" sind nun bei den Nemertinen, und zwar in sehr verschiedenen Ausbildungsgraden, wirklich geboten.

Die von HARTING vertretene Anschauungsweise findet sich — zwar in anderen Worten niedergelegt — auch bei BALFOUR zurück (A monograph on the development of Elasmobranch fishes, p. 171).

unmittelbar unter der Haut liegen (*Carinella*) oder auch können sie ganz innerhalb des Hautmuskelschlauches in der Leibeshöhle verlaufen (HOPLONEMERTINI). Intermediäre Stadien, in denen sie mehr oder weniger in den Muskelschichten selbst eingeschlossen sind, finden sich bei *Polia*, *Valencinia* und den SCHIZONEMERTINI. Bei diesen Letzteren ist es mir bis jetzt noch nicht gelungen eine Analcommissur aufzufinden, hier mögen also die Nervenmarkstämme wirklich in der Schwanzspitze frei endigen.

Auf die feineren Structurverhältnisse des Centralnervensystems werden wir näher zurückkommen, vorher muss noch das Gehirn in seinem gröberen Baue geschildert werden.

Am primitivsten erscheinen die Gehirnanschwellungen bei *Carinella* und zwar in der Form wirklicher Verdickungen der Nervenmarkstämme, welche vor dem Munde zu beiden Seiten unmittelbar unter der Haut liegen und durch eine dicke, ventrale Commissur verbunden sind. Die dorsale Commissur scheint äusserst zart zu sein: der in dieser Weise gebildete Nervenring umfasst bei *Carinella* wie bei allen anderen Nemertinen den Rüssel und seine Scheide. Die Gehirnmasse ist bei *Carinella* noch nicht in verschiedene Lobi gesondert, wie wir sie bei den anderen Nemertinen kennen lernen werden; von der Seite gesehen (Fig. 15) zeigt sie sich als eine einfache verdickte Anfangsstelle des Seitennerven. Bei *Polia* und *Valencinia*, wo sich auch schon Muskelgewebe zwischen die Haut und das Nervensystem eingeschoben hat, sind die Verhältnisse in so weit complicirter geworden, als sich zu beiden Seiten sowohl eine sehr deutliche dorsale wie eine ventrale Gehirnanschwellung unterscheiden lässt. Letztere geht continuirlich in die beiderseitigen Nervenmarkstämme über und ist in ihrer vorderen Hälfte mit ersterer verschmolzen. Auf feinen Längsschnitten zeigt sich — was bei Compression des lebenden Thieres nur sehr schwer wahrnehmbar ist, namentlich bei *Polia* — dass die obere Gehirnanschwellung (Fig. 8 u. 16) in eine grössere vordere und eine hintere kleinere zerfällt, die aber gegenseitig in innigster Verbindung stehen und nur dadurch unterscheidbar sind, dass eine Fortsetzung der Gehirnhülle eine Strecke weit zwischen den Ganglienzellen hineindringt. Auffallend ist noch das Eindringen eines stark bewimperten, frei nach aussen mündenden Canales in das Gewebe dieses dritten Gehirnabschnittes, worin der Canal blind zu endigen scheint. Sodann findet sich noch gegen die hintere und mediane Wandung dieses Gehirnabschnittes eine Anhäufung von Zellen, welche von den Ganglienzellen verschieden sind (Fig. 23) und weiter unten näher erwähnt werden sollen; hier sei nur noch bemerkt, dass dieser Zellenhaufen sich auch schon bei Compression des lebenden Thieres durch einen Unterschied in der Färbung erkennen lässt. Die äussere Oeffnung des erwähnten

Flimmercanales, welcher die Kopfmuskulatur quer durchzieht, befindet sich seitlich und ungefähr in der halben Höhe des Ganglions. Während sich bei *Valencinia* die äussere Haut des Kopfes in der Umgegend dieser Oeffnung ganz normal verhält, hat sich bei *Polia* ein System feiner, dichtbewimperter Rinnen mit dieser Oeffnung in Verbindung gesetzt. Diese Rinnen sind einfache Einsenkungen in den äussersten Schichten der Kopfhaut, wie sich auf Querschnitten beweisen lässt. Bei Compression des Thieres unter dem Mikroskope sind sie oft nur schwer, oft nur an jungen, durchsichtigen Exemplaren wahrnehmbar. Zu beiden Seiten verläuft eine Hauptrinne quer zur Körperaxe gerichtet welche sich, von der Oeffnung ausgehend, ungefähr gleich weit auf der Rücken- und Bauchseite fortsetzt; die beiderseitigen Rinnen scheinen aber in der Medianlinie nicht zusammenzufliessen. Senkrecht zu diesen beiden Hauptrinnen stehen zu beiden Seiten gegen dreissig ganz kurze Rinnchen und zwar so dass sie mit ihren freien Enden gegen die Kopfspitze gerichtet sind. Noch sei hier erwähnt, dass bei *Carinella annulata* eine ähnliche Querrinne, jedoch ohne die zahlreichen Nebengrübchen, bei Compression eines jungen Thieres, und zwar in gleicher Höhe mit der Gehirnanschwellung deutlich hervortritt; doch war bei dieser Species von einem nach innen führenden Canale auch auf Querschnitt-Serien nichts zu entdecken. Diese als Kopfgruben bezeichneten Hauteinsenkungen gelangen bei den anderen Nemertinengruppen zu der verschiedensten Entwickelung und werden wir ihrer hier wegen ihres, wenn auch indirecten Zusammenhanges mit dem Nervensysteme, in der Kürze Erwähnung thun müssen.

Unter den HOPLONEMERTINI sind sie bei den Gattungen *Amphiporus* und *Drepanophorus* ganz ähnlich gebaut wie wir sie eben von *Polia* beschrieben, nur scheint hier die Zahl der kleinen accessorischen Grübchen eine viel geringere; bei den übrigen Arten der mir bekannten, europäischen Hoplonemertinen sind nur noch die Querrinnen vorhanden und fehlen die kleinen dazu senkrecht gerichteten Grübchen ganz. Die Function dieser zahlreichen Wimpergruben ist unverkennbar diese: einen fortwährenden, gegen die äussere Oeffnung des Flimmercanals gerichteten Wasserstrom rege zu halten.

In ganz anderer Richtung haben sich diese Wimpergruben bei den SCHIZONEMERTINI entwickelt. Wenn wir uns die einfache Oeffnung, wie sie bei *Valencinia* vorhanden ist, mächtig in der Richtung gegen die Kopfspitze des Thieres zu, verlängert denken und zugleich ein Vorgreifen in die Tiefe uns als stattgefunden vorstellen, so entstehen anstatt oberflächlicher Hauteinsenkungen tiefe und weitklaffende Kopfspalten. Diese nun sind bei allen SCHIZONEMERTINI vorhanden (Fig. 10 u. 24); ihre innere Fläche ist mit einem dichten Kleide von langen Flimmerhaaren versehen, und im Grunde dieser Spalten senk

sich der Flimmercanal gegen das Gehirn zu ein. Wir sehen also wie der Begriff: Kopfgruben oder Kopfspalten, bei den Nemertinen ein variabeler ist.

Es bleibt uns nun noch die äussere Gestaltung des Gehirns bei den zwei grossen Gruppen der Schizo- und Hoplonemertinen zu schildern übrig. Das Gehirn aller SCHIZONEMERTINI ist streng nach einem und demselben Typus gebaut. Ein Paar oberer und ein Paar unterer Anschwellungen sind in ihrer vorderen Hälfte beiderseitig zu Einer Masse verschmolzen (Fig. 1 u. 24) und diese wiederum durch eine dünne, dorsale und dicke, ventrale Commissur verbunden. Die dritte Gehirnanschwellung hebt sich scharf gegen den Hinterrand der vorderen (dessen seitliche Ränder immer durch eine Doppelwölbung gekennzeichnet sind) ab. Diese hintere Anschwellung hat eine runde oder oft nach hinten stumpf ausgezogene Gestalt. In ihr setzt sich der in die seitliche Kopfspalte ausmündende Flimmercanal fort und endigt dort blind.

Bei den HOPLONEMERTINI sind am Gehirn ebenfalls die vier typischen, oben schon mehrmals erwähnten Anschwellungen vorhanden. Was wir aber bei *Polia* und den Schizonemertinen als die hintere Anschwellung kennen gelernt haben, steht bei den bewaffneten Arten in viel weniger innigem Zusammenhange mit der oberen Gehirnanschwellung. Zu gleicher Zeit scheint auch die Lagerung dieser Gehirnpartie eine weniger constante geworden zu sein, und finden wir sie sowohl hinten, wie neben und vor dem Gehirn situirt. Ersteres findet sich bei den beiden der *Polia* noch am meisten verwandten Gattungen *Amphiporus* und *Drepanophorus;* bei ganz jungen Thieren ist der Zusammenhang zwischen hinterer und oberer Anschwellung noch enger. Bei erwachsenen Thieren wird jedoch die Verbindung zwischen diesen beiden durch Nervencommissuren dargestellt und trennt sie oft ein nicht unbedeutender Abstand. Der nach aussen führende Flimmercanal ist ganz kurz bei *Drepanophorus* (Fig. 25), lang bei *Amphiporus pulcher*. Bei *Amphiporus lactifloreus* (Fig. 14), wo die äussere Oeffnung wie bei *A. pulcher* (Fig. 11) vor dem Gehirne liegt, hat sich aber auch der ganze Gehirnabschnitt vor die Hauptmasse des Gehirns (und zwar seitlich im Kopfe) gelagert. Dasselbe wurde bei *Tetrastemma* beobachtet, während bei *Amphiporus dubius* (Fig. 3 u. 19) dieser dritte Gehirnabschnitt zu beiden Seiten *neben* die Hauptmasse des Gehirns zu liegen kommt, und wiederum vermittelst zweier Commissuren mit ihr in Verbindung steht.

Ehe wir zur Schilderung des peripherischen Nervensystems übergehen, werden wir der feineren *histologischen Structur* der eben beschriebenen Centralorgane unsere Aufmerksamkeit zuwenden müssen, und dabei ausgehen von jener Gattung, welche sich in vieler Hinsicht als die primitivste kennzeichnet, die Gattung *Carinella*.

Es besteht hier die Hauptmasse des Centralnervensystems aus Fasersubstanz an welche sich, sowohl im Gehirn wie in den Nervenmarkstämmen, eine continuirliche, aber nicht sehr mächtige Schicht von Ganglienzellen anlagert (Fig. 2, 21 u. 31). Dieser fasrige Kern ist in den Nervenmarkstämmen mehr oder weniger cylindrisch gestaltet, verbreitert und verdickt sich aber im Gehirn, ohne jedoch durch Spaltung oder Theilung zu einer oberen und unteren Gehirnanschwellung Veranlassung zu geben, welche — wie oben schon erwähnt wurde — bei dieser Gattung nicht vorhanden sind. Die Commissuren, welche die beiderseitigen Gehirnhälften vereinigen, und von denen die dorsale bei *Carinella* aussergewöhnlich dünn ist, bestehen auch fast ausschliesslich aus Fasersubstanz, nur in der ventralen kommen daneben auch noch Zellen vor. Die eben geschilderten Verhältnisse werden durch die abgebildeten Durchschnitte noch näher erläutert werden.

Die feinere Structur dieses Faserkernes könnte man als eine verfilzte oder spongiöse bezeichnen. Sie stimmt überein mit der von LANG (XIII) für die Nerven der marinen Dendrocoelen beschriebenen, bei denen sogar frühere Forscher ihre Nervennatur verkannt und sie als „spongiöse Stränge" bezeichnet haben. Auch bei *Carinella* finde ich: „äusserst zarte, mit einander anastomosirende, „sich mit Tinctionsmitteln beinahe gar nicht färbende Fasern". Ganglienzellen oder Kerne sind nur äusserst selten in diesem Faserkern eingelagert. Ein vorwiegend longitudinaler Verlauf der Fasern macht sich besonders in den Nervenmarkstämmen geltend, und ist hier auch der Zusammenhang zwischen den einzelnen Fasern und den feinen Ausläufern der Ganglienzellen, welche den Faserkern umlagern, in deutlichster Weise zu demonstriren. Im Gegensatz zu den SCHIZONEMERTINI, deren wir später noch Erwähnung thun werden, ist also der centrale Faserkern des Nervensystems bei *Carinella* von aussergewöhnlich lockerem Baue und gilt das nämliche für die sich davon abzweigenden grossen Nerven. Auch die Ganglienzellenschicht ist weniger compact gebaut als bei allen anderen Nemertinen, die Zellen sind weniger zusammengedrängt und grösser im Verhältnisse zu ihren Kernen, indem solche Zellen, bei welchen der Kern fast den ganzen Raum einnimmt, sehr selten zur Beobachtung kommen. Bei allen anderen Nemertinen bilden hingegen Ganglienzellen wie die letzterwähnte den Hauptbestandtheil der Rindenschicht des Centralnervensystems. Das Mittelmaass einer Ganglienzelle aus dem Gehirne einer c^a. $2^1/_2$ mm. dicken *Carinella annulata* (nach der Conservation in Pikrinschwefelsäure und Alkohol) beträgt 0.024—0.036 mm.; der Kern misst 0.005—0.008 mm.

Noch ist zu bemerken, dass der zellige Beleg bei *Carinella* den Faserkern nicht allseitig umgiebt (wie wir das später bei andern Nemertinen kennen

lernen werden), sondern immer an der von der Körperaxe abgewendeten Seite zu liegen kommt, zwischen dem Faserkerne und der Haut (Fig. 21 u. 31). Eine eigene Nervenscheide ist vorhanden, wenn auch nicht immer leicht wahrnehmbar; auch noch eine Scheide zwischen dem Faserkerne und dem ganglienzelligen Belege welche sodann von den Zellenausläufern durchbohrt wird.

Oben wurde schon hervorgehoben, dass das ganze Centralnervensystem bei *Carinella* unmittelbar unter der Haut liegt; nur ist dabei zu erwähnen, dass vereinzelte Fasern noch immer zwischen das Nerven- und Haut-gewebe sich einschieben. Diese Fasern lassen sich auf Querschnitten vermittelst des Polarisations-Apparates als doppelbrechende erkennen und gleichzeitig stellt sich dabei heraus, dass andere Fasern, welche die Nervenfasersubstanz des Gehirnes in nicht unbeträchtlicher Anzahl in radiärer Richtung durchziehen, ebenfalls stark doppelbrechende Eigenschaften besitzen. Nach aussen setzen sich diese in die tieferen Schichten der Haut fort, nach innen treten sie in Verbindung mit der mehr oder weniger mächtigen Muskelschicht, welche das Gehirn von der Leibeshöhle trennt; während sie auf ihrem Wege durch die Fasersubstanz des Gehirnes, in besonderen cylindrischen Canälen eingeschlossen sind, welche eine eigene, äusserst zarte Hülle zu besitzen scheinen und die umschlossenen Fasern ungefähr dreifach an Dicke übertreffen (Fig. 2 u. 31). Ob diesen Fasern, die nach dem Angeführten mit grosser Wahrscheinlichkeit als Muskelfasern anzusprechen sind, eine specifische Rolle zukommt, muss vorläufig unentschieden bleiben, nur sei noch erwähnt, dass LANG (XIII) bei marinen Dendrocoelen das Gewebe der grösseren Nerven ebenfalls hie und da von Muskelfasern durchbohrt findet.

Schliesslich muss ich noch von *Carinella* erwähnen, dass sich die Ganglienzellen in der Gehirnanschwellung enger aneinanderschliessen als in den Nervenmarkstämmen, und dass solches bei ganz jungen Exemplare wiederum in höherem Maasse der Fall ist als bei älteren. Auch ist hier ein bindegewebiges, lockeres Maschenwerk, in welchem die Ganglienzellen eingebettet liegen, nachzuweisen. Bei höheren Nemertinen werden wir ein solches ebenfalls ausgebildet finden.

Die äusserlich am Kopfe wahrnembare, quer gestellte Flimmergrube rechts und links ist auf dorso-tangentialen Schnitten als eine seichte Hauteinbuchtung zu erkennen, die nicht einmal bis in die tieferen Hautschichten durchdringt. Von einem Canale, welcher hiervon ausgehend in das Gehirn durchdränge ist aber ebensowenig eine Spur zu entdecken wie von gesonderten Gehirnanschwellungen.

Eine wichtige Ausnahme von dem zuletzt geschilderten Verhalten wird bei einer neuen, noch unbeschriebenen *Carinella*-art, die mir in einem einzigen

Exemplare von Neapel vorliegt, welches erst vor Kurzem genauer auf seine Histologie untersucht werden konnte, angetroffen. Aeusserlich unterscheidet sie sich durch ihren nicht verbreiterten Kopf, ihre rothe Farbe, sowie durch die kleinen Längsgrübchen, welche (wie bei *Polia* und den HOPLONEMERTINI) vertical auf die grössere, quere Hautgrube gestellt sind. Durch Untersuchung einer Schnittserie findet man, dass, von letzterer Grube ausgehend, ein ganz kurzer, gerader, blind-endigender Canal mitten in die Ganglienzellenschicht des Gehirnes durchdringt, ohne dass jedoch das Gehirn in seinem sonstigen Baue irgendwelche Modificationen erlitten hätte (Fig. 22). Nur ist vielleicht die Ganglienzellenschicht im Gehirne dem Faserkerne gegenüber mächtiger entwickelt *).

Bei *Cephalotrix linearis* stimmt das Centralnervensystem fast völlig mit demjenigen von *Carinella annulata* überein, auch hier ist das Gehirn eine einfache Anschwellung, an welchem keine oberen und unteren Lappen nachzuweisen sein werden, wie solche noch bei den meisten Autoren erwähnt werden (Mac Intosh, XVI, Taf. XIX, fig. 9). Besser ist die Abbildung bei QUATREFAGES vom Gehirne seiner *Polia filum* (= *C. linearis*). Ganz irrig scheint mir dagegen die Ansicht BARROIS' (Embryologie des Nemertes, p. 166), nach dessen Angaben bei *Cephalotrix* sogar deutlich ausgebildete Seitenorgane vorkommen sollen, und ich kann die Vermuthung nicht unterdrücken: es habe diesem Autor eine *Valencinia* (*longirostris?*) vorgelegen, in welchem Falle auch seine embryologischen Resultate und Schlussfolgerungen auf diese, einer anderen Familie zugehörende Art, übertragen werden müssten. Das Centralnervensystem finde ich bei *Cephalotrix* ebenfalls noch gleich unter der Haut gelagert; die Nervenmarkstämme sind dabei wohl, wie es MAC INTOSH schildert, im Rumpf und Hinterkörper ein wenig mehr in die Längsmuskelschicht des Körpers hineingerückt. Die Belegschicht von Ganglienzellen, welche die Nervenmarkstämme begleitet, ist auch bei *Cephalotrix* dünn, scheint im Gehirn auch bloss der Aussenseite des Faserkernes angelagert zu sein. Dieser Faserkern wird, wie bei *Carinella*, von feinen Muskelfasern durchbohrt.

Cephalotrix signatus (IX) bietet im Baue seines Centralnervensystems abweichende Verhältnisse dar, zu deren genauerer Deutung ich erst ein umfangreicheres Material abwarten muss. Genug sei es, zu bemerken, dass sich hier schon jederseits eine paarige Gehirnanschwellung ausgebildet hat, dass der Faserkern

*) Auch sonst ist diese Art mit Rücksicht auf ihre übrigen Organsysteme eine typische *Carinella*, welche sich eng den beiden bekannten Arten anschliesst. In der eben erscheinenden 2. Lieferung des 2. Bandes der »Notes from the Leyden Museum" habe ich für sie den Namen *Carinella inexpectata* vorgeschlagen.

im Gehirn allseitig von den Ganglienzellen umlagert wird, und dass das Gehirn einen viel beträchtlicheren Raum im Kopfe für sich beansprucht. Diese Art lasse ich also nur ganz provisorisch in der Gattung *Cephalotrix*, weil sie sich auch in den andern existirenden Gattungen nicht ohne Weiteres einreihen lässt und ich vorläufig davon abstehen muss auf das, wenige Millimeter lange Unicum, welches sich in meinem Besitze befindet, eine neue Gattung zu gründen.

Von den Gattungen *Polia* und *Valencinia*, zu deren Betrachtung wir jetzt schreiten, wurde oben schon bemerkt, dass es bei ihnen zu einer deutlichen Ausbildung einer oberen und unteren Gehirnanschwellung kommt und dass auch eine hintere Gehirnanschwellung der ersteren (oberen), und zwar über eine verhältnissmässig bedeutende Oberfläche hin, eng angelagert ist (Fig. 8, 9 u. 23). Für die Beschreibung des histologischen Détails wähle ich eine günstige Schnittserie einer *Polia curta*, der auch die Abbildung Fig. 32 entnommen ist, und welche dann zu gleicher Zeit als Ausgangspunkt für die Vergleichung anderer Arten angenommen werden kann. Aeusserlich wird das Gehirn von einer häutigen Scheide, in der Kerne bemerkbar sind, umgeben. Innerlich umlagern Ganglienzellen allenthalben den centralen Faserkern, den man auf einem Querschnitte durch die Mitte des Gehirnes viermal getroffen findet, zweimal für die unteren, zweimal für die oberen Gehirnanschwellungen. In einem, in der Höhe der Gehirncommissuren geführten Querschnitte nimmt dagegen der Faserkern die Form eines Ringes an, der, mit Ausnahme der dorsalen Commissur, auch wieder von Ganglienzellen umlagert ist.

Die Verfilzung der Nervenfasern im Innern, sowohl des Gehirnes als der Nervenmarkstämme, ist hier eine viel innigere als bei *Carinella*, verräth aber, abgesehen von der grösseren Compactheit, noch denselben Charakter. Ebenfalls werden hie und da, wenn auch äusserst sparsam eingelagerte, grosskernige Ganglienzellen inmitten der Fasersubstanz angetroffen. Viel bedeutender wird diese Erscheinung gegen den Rand des durchschnittenenen, faserigen Kernes, indem sich dort oft eine einschichtige Ganglienzellenreihe direct auf das Fasergewebe legt. Ausserhalb des Faserkernes und dieser mit dem Faserkerne verschmolzenen Zelleninseln, trifft man eine durchsichtige, glashelle Hülle bindegewebiger Natur mit eingelagerten Zellkernen, welche sich zwischen die zellige Hauptmasse des Gehirns und den centralen Fasercylinder einschiebt. Dabei wird sie allenthalben von den feinen Ausläufern der Ganglienzellen durchsetzt, welche entweder vereinzelt oder zu kleineren Bündel vereinigt durch sie hindurchtreten, um sich sodann in der Fasersubstanz zu verlieren. Ein ganz ähnliches Verhalten trifft man in den seitlichen Nervenmarkstämmen an, nur dass hier die Ganglienzellen den Fasercylinder nicht allseitig umgeben, sondern ein vorwiegend dorsales und ventrales Polster auf demselben bilden.

Die Ganglienzellen, welche die Hauptmasse des Gehirns zusammensetzen, sind der Mehrzahl nach unipolar; da sie z. Th. sehr dicht gedrängt stehen, ist der Fortsatz bei den meisten nur schwer wahrnehmbar, am besten noch da, wo die Zellen sich vermittelst ihres Fortsatzes mit dem Faserkerne in Verbindung setzen. Oft scheinen sie auf dünnen Querschnitten eine polygonale Form zu besitzen, was wohl durch gegenseitigen Druck verursacht sein wird. Die Zellen messen von 7—15 μ, einige, ganz grosse sogar bis zu 21 μ, während die Grösse des Kernes nur zwischen 5 und 7 μ wechselt (bei einem 3—4 mm. dicken Exemplar). Der Kern hat eine schwach ovale Gestalt und umfasst neben dem Nucleolus oft auch noch einige ganz kleine, stark lichtbrechende Körnchen.

Die Nervenzellen scheinen in einem weitmaschigen Stützgewebe eingebettet zu liegen, welches besonders gegen die Aussenwand des Gehirnes, wo selbst die Zellen nicht so dicht gedrängt stehen, und auch die grösseren Nervenzellen gefunden werden, zu Tage tritt. Vielleicht nimmt es auch Theil an dem Aufbau der Scheidewände, welche die verschiedenen Gehirnanschwellungen trennen und von denen sich z. B. Eine zwischen die vordere und hintere Anschwellung einschiebt, dabei nur eine kleine Strecke frei lassend, auf welche Zellen und Fasern von dem hinteren zum vorderen Gehirnabschnitte treten. In der hinteren Gehirnanschwellung kommt dieses fasrige Stützgewebe in noch ausgesprochenerer Weise zur Verwendung, indem es hier eine vertikale Platte bildet, die zum Aufhängen oder Festhalten des hier in das Gehirn eindringenden Flimmercanales dient. Auf einem einzelnen Querschnitte ist es oft schwer diese durchschnittene Platte von einem Nervenfaserbündel zu unterscheiden, da auch das Verhalten gegen Tinctionsmittel keine erheblichen Unterschiede erkennen lässt. Der Mangel einer Scheide, sowie das Fehlen des Zusammenhanges mit dem wirklichen Faserkern des Gehirnes, scheint mir aber den Unterschied von diesem letzteren deutlich genug zu charakterisiren, zumal auf einer Schnittserie auch die plattenartige Ausbreitung des betreffenden Gewebes zu Tage tritt.

Der dritte Gehirnabschnitt, der sich an den hintersten Abschnitt der Oberfläche des oberen Ganglions anschmiegt und sich zum Theil auch zwischen diese und die untere Anschwellung einschiebt, besteht nicht ausschliesslich aus nervösen Elementen. Indem sich der centrale Faserkern des vorderen Gehirnabschnittes auch in den hinteren fortsetzt, um dort, oft nach dichotomischer Theilung, zu endigen, bilden auch in Letzterem Ganglienzellen die Hauptmasse (vielleicht 75 Procent). Einerseits wird nun aber diese Zellenmasse von einem Canale durchsetzt, welcher in die Flimmergrube der Kopfhaut ausmündet und selbst von einem eigenen Flimmerepithele bekleidet ist, andrerseits legt sich gegen den Gan-

glienzellenhaufen des hinteren Hirnabschnittes ein Polster grosser Zellen mit verhältnissmässig kleinen Kernen. An der Hand der entwickelungsgeschichtlichen Data, wie sie von METSCHNIKOFF, BÜTSCHLI, BARROIS u. A. festgestellt worden sind, scheint mir die Vermuthung gerechtfertigt, dass ersterer Canal mit seiner Wimperbekleidung als Einstülpung von der Haut aus entstanden ist, während der letzterwähnte Zellenhaufen als Ueberrest einer später abgeschnürten Ausstülpung vom Darmcanal, resp. Oesophagus, zu betrachten ist. Für diese Auffassung spricht aber auch der ganze Habitus dieses Zellenhaufens selbst. Besonders in solchen Schnitten, in denen die zellige Wandung des Oesophagus zu gleicher Zeit getroffen ist, fällt die ausserordentliche Uebereinstimmung zwischen den Zellen dieses Polsters und jenen aus den tieferen Schichten der Oesophagealwandung auf den ersten Blick auf. Auch will es auf einigen Schnitten scheinen, als ob die directe Verbindung zwischen diesem Zellenpolster und dem Oesophagus noch nicht völlig gelöst wäre, während hingegen bei anderen *Polia*-arten ganz bestimmt eine vollständige Trennung eingetreten ist. Auch darf hier schon erwähnt werden, dass bei einigen HOPLONEMERTINI, bei denen ein ähnlicher Haufen grosser Zellen mit der Gehirnanschwellung zu einem einheitlichen Ganzen verwächst, in diesem Zellenhaufen eine centrale, freie Höhle bewahrt bleibt und diese, unweit der Stelle, an welcher der nach aussen mündende Flimmercanal in die hintere Gehirnanschwellung eintritt, mit jenem Canale in Verbindung tritt. Bei *Polia* scheinen diese Zellen beim lebenden Thiere einen grünlich gefärbten Inhalt zu besitzen, wenigstens hat der hintere, innere Theil des dritten Gehirnabschnittes bei Compression des Thieres und bei durchfallendem Lichte diese Farbe.

Der flimmernde Canal, welcher an der Kopfgrube nach aussen mündet, ist, wie schon oben hervorgehoben wurde, von einem eigenen, einschichtigen Flimmerepithele ausgekleidet, welches unmittelbar in die äussere, flimmernde Hautschicht übergeht. Der Canal durchsetzt die Muskulatur des Kopfes in querer Richtung und tritt in der halben Höhe des Gehirnes in die obere Spitze des dritten Gehirnlappens, welche sich hier zwischen die oberen und unteren Anschwellungen eingeschoben hat, ein (Fig. 23). Sodann verändert er seine Richtung in eine der Körperaxe parallele, dabei hart an der äusseren Wandung des dritten Gehirnlappens verlaufend. Unweit der unteren Wandfläche dieses Letzteren biegt der Canal sich zum zweiten Male, richtet sich jetzt aber wieder quer gegen die Körperaxe, verläuft dabei mitten durch die Masse der Ganglienzellen, um sich schliesslich zu einer Art sphärischer Höhlung zu erweitern und damit blind zu endigen. Diese Höhlung wird von einer Zellenkuppe umfasst, welche ganz den Charakter gewöhnlicher Ganglienzellen besitzt, sich jedoch mit Pikrocarmin stärker gefärbt hat. Jedenfalls gehört diese Zellenkuppe mit in den Bezirk des ner-

venzelligen Kernes dieses Gehirnabschnittes und wird seinerseits von dem Polster grosser, sphärischer Zellen, welche (nach meiner Hypothese) von der Oesophagus-Wandung herrühren, überlagert (Fig. 32).

Es wird wohl nicht daran zu zweifeln sein, dass dieser Flimmercanal demjenigen der *Carinella inexpectata* homolog ist. Indem er dort aber ohne Weiteres in die Zellenmasse des Gehirnes vordringt (und kein, eventuell vom Oesophagus herstammendes Zellenpolster nachgewiesen werden konnte), hat sich hier der von dem Canal zu durchlaufende Abschnitt zu dem, allerdings noch nicht scharf abgetrennten, dritten Gehirnabschnitte ausgebildet und hat damit auch in dieser Beziehung einen höheren Differenzirungsgrad erreicht. Auf die rothe Farbe, welche dem Nervengewebe dieser Gattungen, wenn auch nicht in starkem Maasse, eigen ist, kommen wir später zurück.

Der histologische Bau des Centralnervensystems bei den Schizonemertinen stimmt in den Hauptzügen überein mit den für *Polia* und *Valencinia* beschriebenen Verhältnissen. Die äussere Gestaltung des Gehirns hat einige Modificationen erlitten, indem es oft mehr in die Länge gezogen erscheint, die Sonderung von oberem und unterem Ganglienpaare viel deutlicher ausgesprochen ist (Fig. 10 u. 17) und die laterale Wand der oberen Gehirnanschwellung eine einfache, wellige Biegung angenommen hat, welche für alle Arten dieser Unterordung constant zu sein scheint. Dabei ist der dritte, hintere Gehirnabschnitt schärfer von dem vorderen abgetrennt, obgleich er nach innen und unten zu noch innig mit Letzterem zusammenhängt. Wie oben schon erwähnt wurde, hat hier die dritte Gehirnanschwellung eine runde oder umgekehrt birnförmige Gestalt angenommen.

Der centrale Faserkern des Gehirnes tritt schon bei Compression des lebenden Thieres als ein zusammenhängendes Ganzes deutlich hervor, und dieses Faserskelet — wie man es zu bezeichnen berechtigt ist — erscheint in derjenigen Form, welche in Fig. 1 abgebildet und aus Schnittserien, unter vergleichender Prüfung an comprimirten Individuen, sorgfältig reconstruirt ist. Vorn ist der Faserkern am mächtigsten, tritt hier sogar seitlich bis an die Wandung des Gehirnes und bildet daselbst die dicke, ventrale und die dünnere, dorsale Commissur. Dicke peripherische Nerven, deren später Erwähnung gethan werden wird, entspringen hier direct von dem Faserkerne. Von dieser dicken, ringförmigen Fasermasse geht nun nach hinten, die beiden unteren Gehirnanschwellungen durchziehend, ein einfacher, mehr oder weniger cylindrischer Stamm unter geradem Verlaufe in die Nervenmarkstämme über, indem in der oberen Anschwellung ein ähnliches, mächtiges Faserbündel aus dem Ringe hervorgeht und sich mit schwach gebogenem Verlaufe bis tief in die dritte, hintere Anschwellung fortsetzt. Halbwegs des

vorderen, oberen Gehirnabschnittes hat sich jedoch der Faserkern dichotomisch getheilt und, während der Hauptstamm seinen Weg zur hinteren Anschwellung forsetzt, endigt der abgezweigte Theil alsbald blind, dicht an der hinteren Wandung des vorderen, oberen Abschnittes.

Auch hier findet eine allseitige Umlagerung des Faserkernes von Nervenzellen statt, zwar weniger vollständig in den Nervenmarkstämmen, indem die Zellenschicht hier entweder bloss an der dorsalen und ventralen Seite des Fasercylinders vorkommt, oder doch an diesen Seiten mächtiger ist wie an den beiden anderen. Einlagerungen von Zelleninseln in der Rindenschicht des centralen Faserkernes kommen auch hier vor, ebenfalls die Umlagerung des Fasercylinders von einer eigenen Hülle, hyaliner Natur, welche also von den Fortsätzen der Nervenzellen durchbohrt werden muss. Unter den Nervenzellen fällt ein Grössenunterschied auf, welcher an bestimmte Hirnregionen gebunden erscheint. So sind die vorderen Rindenzellen immer grösser und auch diejenigen, welche zwischen dem Faserkerne und der inneren, an die Rüsselscheide grenzenden Wandung des Gehirnes vorkommen, sind von bedeutenderen Dimensionen als die Hauptmasse der Ganglienzellen. Bei Letzteren ist durchschnittlich der Durchmesser der Zelle 0.008 mm., der des Kernes 0.006 mm.; Erstere hingegen können bis zu einem Durchmesser von 0.033 mm. für die Zelle, und 0.008 mm. für den Kern erreichen.

In der dritten Gehirnanschwellung, die, wie erwähnt, vom vorderen mehr gesondert erscheint, spielen auch hier die Ganglienzellen und der von ihnen umlagerte Faserkern die Hauptrolle. Aeusserlich werden sie von einem grosszelligen Polster umlagert, dessen Abstammung vom inneren Keimblatte bei *Polia* als wahrscheinlich hervorgehoben wurde. Der centrale Flimmercanal, welcher mitten durch die Ganglienzellen verläuft, fehlt hier ebensowenig und scheint bei einigen sogar in dem grosszelligen Polster blind zu endigen, indem er bei anderen (*Cerebratulus roseus*) in der doppelten Form vorhanden, wie wir ihn oben mit zwei Worten für einige Hoplonemertini geschildert. Es theilt sich dann dieser Canal, kurz nach Eintritt des Flimmercanales in das Gehirn in zwei Abschnitte, von denen der Eine seinen Weg quer durch die Ganglienzellen verfolgt, der Andere aber sich umbiegt und ausschliesslich in oder neben dem grosszelligen Polster seinen Verlauf zu nehmen scheint (Fig. 33 u. 34). Ob letztere Höhlung unmittelbar aus jener entstanden sein mag, welche von der ursprünglichen Darmausstülpung umschlossen wurde, der ein Antheil an der Bildung dieses Gehirnabschnittes zukommt, werden spätere, genaue embryologische Forschungen zu entscheiden haben. Schnittserien zeigen auch hier, dass der Flimmercanal in dem dritten Gehirnabschnitte von einer eignen, sich mit Pikrocarmin sehr schwer färbenden Gewebs-

Art unterstützt und aufgehängt zu sein scheint. Vielleicht gehört es direct dem fasrigen Stützgewebe des Gehirnes an, welches auch bei den Schizonemertinen gegen den oberen und äusseren Rand des Gehirns hin, woselbst die Zellen weniger dicht gedrängt stehen, deutlicher hervortritt.

Beim lebenden Thiere zeigt die dritte Gehirnanschwellung unter Compression immer einen eigenthümlichen Character, indem sich darin constant eine Anhäufung heller, sphärischer (deswegen wohl stark lichtbrechender) Zellen befindet, welche man eventuell für Fetttröpfchen halten könnte, welche jedoch durch ihr Verhalten gegen chemische Reagentien in überzeugender Weise eine andere Zusammensetzung bekunden. Sowohl ihr Verhalten gegen Farbstoffe, als ihre optischen Eigenschaften u. s. w. machen es wahrscheinlich, dass wir es hier mit Zellen zu thun haben, welche durch Wasseraufnahme gequollen sind und diesem Umstande ihre sphärische Gestalt verdanken. Es sind dies dieselben Zellen, welche wir auf Querschnitten als diejenigen des grosszelligen, äusseren Polsters haben kennen lernen, und welche embryogenetisch wohl von der primitiven Oesophagus-Einstülpung hergeleitet werden müssen. Inmitten dieses Zellenhaufens endet, wie wir bei vielen gesehen, der Flimmercanal des hinteren Gehirnabschnittes blind.

Ein hervortretender Charakter des Centralnervensystems der Schizonemertini (welcher auch von demjenigen von *Polia* getheilt wird) ist die intensiv rothe Farbe. Bei zahlreichen und wiederhohlten spectroscopischen Prüfungen hat sich diese immer auf Haemoglobin zurückführen lassen, welches in den Nervenzellen sowohl des Gehirnes wie der Nervenmarkstämme, diffus enthalten ist, d. h. ohne an bestimmte Körperchen gebunden zu sein (VII). Der Faserkern hebt sich bei Compression des Thieres immer blasser gegen die hochrothe zellige Rinde ab. Sogar bis in den hinteren Körpertheil bleibt sich der Haemoglobingehalt gleich. In der Blutflüssigkeit der Schizonemertinen fehlt das Haemoglobin ganz; nur in der Rüsselscheide von *Cerebratulus urticans* ist es mir noch vorgekommen und zwar an bestimmte Körperchen gebunden. Unter den Würmern führt auch *Aphrodite aculeata* Haemoglobin im Nervengewebe, wie aus den Untersuchungen von Ray Lankester (XIV), durch welche meine Aufmerksamkeit auf diesem Punkt gerichtet wurde, hervorgeht. Weiter unten werden wir auf die Rolle, welche das Haemoglobin im Nervengewebe der Nemertinen zu spielen scheint, näher zurückkommen; hier sei nur noch hervorgehoben, dass die Hoplonemertini einen viel geringeren Haemoglobingehalt im Nervengewebe (und deswegen auch ein viel weniger tiefgefärbtes Centralnervensystem) besitzen. Wohl ist es bei vielen noch deutlich vorhanden (auch in der hier abgetrennten, dritten Gehirnanschwellung (*Drepanophorus*)), und ist es auch den zelligen Partieen mehr,

speciell eigen, aber ein so markirtes Auftreten, wie bei den Formen mit tiefen, longitudinalen Kopfspalten, ist bei den Hoplonemertinen nicht wahrzunehmen. Dagegen führt hier bei *sehr* vielen das Blut rothe, haemoglobinreiche Blutkörperchen.

Der feineren Structur des Centralnervensystems bei den HOPLONEMERTINI muss nun noch ganz in der Kürze Erwähnung geschehen. Auch hier ist ein centraler Faserkern mit ununterbrochenem, ganglienzelligen Belege vorhanden. Am Gehirne ist aber die Sonderung in ein oberes und ein unteres Paar von Anschwellungen weniger vorgeschritten, als bei den Schizonemertinen, und besser zu vergleichen mit dem bei *Polia* gefundenen Verhalten. Nur in geringer Erstreckung findet man die obere Anschwellung frei über die untere, resp. über den Nervenmarkstamm hin, hervorragen: vorn ist über eine viel grössere Strecke, nur eine einheitliche Masse vorhanden und ist diese durch die Commissuren mit der anderen Gehirnhälfte verbunden. Die Structur des Faserkernes, der durchschnittlich massiger entwickelt ist als der zellige Beleg, erinnert sowohl bei *Amphiporus pulcher*, wie bei *Amphiporus hastatus* sehr an die spongiöse Beschaffenheit, welche wir bei *Carinella* haben kennen gelernt, bei *Drepanophorus* ist sie jedoch, wie wir vorhin auch bei den SCHIZONEMERTINI gesehen, wieder viel compacter. Ich finde sogar bei letzterer Gattung auf Schnitten eine Erscheinung, aus der vielleicht der Schluss gezogen werden dürfte: diese Compactheit sei stellenweise stärker und wieder schwächer: es zeigen sich hier nämlich in dem Faserkerne dunklere, als Flecken hervortretende Partieen (Fig. 35), die ich vorläufig nicht anders zu erklären vermag. Ausserdem sind die Ganglienzellen bei *Drepanophorus*, sowohl im Gehirne als auch in den Markstämmen kleiner und stehen dichter gedrängt als bei *Amphiporus*, wo selbst man an günstigen Querschnitten das Uebertreten der Zellenfortsätze in den Faserkern leichter verfolgen kann. Als Gegensatz zu den sonst bei *Drepanophorus* so kleinen Ganglienzellen, finde ich doch in dieser Gattung auch einige ausserordentlich grosse, und zwar multipolare Ganglienzellen welche auch hier in der Nähe der nach der Körperaxe zu gekehrten Gehirnwandung liegen. Sie messen bis zu 37 μ, mit einem Kerne von 7—8 μ, in einem Kopfe von 1 mm. im Durchschnitt. Wie bei den vorhin beschriebenen Gruppen scheint ebenfalls bei den Hoplonemertinen eine eigene Gewebeschicht das Nervenzellengewebe vom fasrigen Kerne getrennt zu halten und somit von diesen Zellenfortsätzen durchbohrt zu werden. Noch verdient wohl Erwähnung, dass in den Nervenmarkstämmen der Gattung *Amphiporus* der ganglienzellige Beleg sich vorzugsweise an der nach der Körperaxe zu gerichteten Seite des Fasercylinders befindet; Letzterer also mit der entblössten Seite den Muskelschichten anliegt, und auch, wie wir bei *Carinella* beschrieben, ebenfalls von

Fasern — vielleicht muskulöser Natur — quer durchsetzt wird. Es ist wohl selbstverständlich, dass bei dem geringeren Differenzirungsgrad des Gehirnes, es darin nicht zu einem so typischen und complicirten Bau des Faserskelets kommt, wie wir ihn für die Schizonemertinen beschrieben. Wohl setzt sich aber der Faserkern direct fort in einen oder mehrere Ausläufer, die zum dritten Gehirnabschnitte gehen, welcher, wie oben schon erwähnt, sich hier von dem Gehirne losgelöst hat und nur noch vermittelst dieser Stiele mit der vorderen, oberen Anschwellung zusammenhängt.

Sonst ist aber die Structur des hier oft als „Seitenorgan" bezeichneten, dritten Gehirnabschnittes durchweg in Uebereinstimmung mit Demjenigen was wir bei den Schizo- und Palaeonemertinen gefunden. Es mag auch der nach aussen führende Flimmercanal länger geworden sein und die Lage dieses Abschnittes, anstatt hinter dem Gehirne nach vorne im Kopfe verschoben sein (Fig. 11, 13, 14, 19, 20): immer findet man, dass der fasrige Stiel in einen starken Haufen normaler Ganglienzellen ausläuft, dass Letztere den Hauptbestandtheil des „Seitenorgans" ausmachen, und dass sich daran ein Polster grosser, plasmareicher Zellen anlegt, in dessen Mitte eine centrale Höhle nachzuweisen ist, welche in den nach aussen mündenden Flimmercanal übergeht. Letzterer schwillt aber ausserdem noch zu einer selbständigen Höhlung an, welche sich von der anderen Seite an den Ganglienzellenhaufen anlegt und zum Theil in diesen eindringt. Dieser, in dem dritten Gehirnabschnitte also erweiterte Canal ist mit einem eigenen, durch Flimmercilien ausgezeichneten Epithel ausgekleidet (Fig. 35 u. 36). Auch hier ist die Vermuthung nicht gewagt, dass es genaueren embryologischen Untersuchungen gelingen werde, das ersterwähnte Zellenpolster (in dessen unterem Abschnitte ich oft wie bei *Polia* eine Anhäufung grüner Körnchen angetroffen) auf die Ausstülpung vom Oesophagus, den letzterwähnten Canal auf die Einstülpung, welche von der Haut aus stattfindet, zurückzuführen. Haben doch die Resultate der Untersuchungen METSCHNIKOFF's, BÜTSCHLI's, BARROIS' und anderer uns diese Hypothese gleichsam vorgezeichnet. Bemerkung verdient noch, dass bei jenen Arten, bei denen der dritte Gehirnabschnitt sich *vor* dem Hauptgehirne befindet (Fig. 14 u. 20), der vordere Abschnitt des Oesophagus sich unter dem Gehirne hinweg fortsetzt und somit auch der Mund vorn im Kopfe zu liegen kommt. Bei *Tetrastemma* fand ich das nämliche, bei *Oerstedia* hatte ich noch nicht Gelegenheit den dritten Gehirnabschnitt auf Querschnitte zu untersuchen, bei *Amphiporus hastatus* ist es mir an dem Unicum, welches ich besitze, nicht gelungen ein Seitenorgan mit Flimmercanal nachzuweisen; später wird noch für diese Art, sowie für *Amphiporus pugnax* ausgemacht werden müssen, ob hier wirklich diese Gehirnabtheilung verloren gegangen.

Oben wurde schon erwähnt, wie bei den HOPLONEMERTINI sowohl im Gehirne

als in den Nervenmarkstämmen der Haemoglobingehalt ein geringerer zu sein scheint, wie bei den SCHIZONEMERTINI; daher soll jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass ich bei allen von mir untersuchten Arten ersterer Unterordnung, das seitliche, rothe, haemoglobinhaltige Blutkörperchen führende Gefäss eng an den Nervenmarkstamm angelagert gefunden habe, was bei den Schizonemertinen, bei denen die Markstämme von den Muskeln eingeschlossen sind und die paarigen, mit farbloser Flüssigkeit gefüllten Blutgefässe in der Leibeshöhle einen ventralen Verlauf haben, nie der Fall ist.

Betreffs der feineren Structur der oben erwähnten, vom morphologischen Gesichtspunkte so äusserst wichtigen Commissur, welche über dem Anus hinweg die beiderseitigen Hälften des Centralnervensystems vereinigt, wäre hier nur wenig hinzuzufügen. Der Ganglienzellenbeleg der Nervenmarkstämme ist auch unmittelbar am Anus noch immer vorhanden, wenn er auch in dem allerletzten, sich verjüngenden Abschnitte *etwas* dünner wird. Bloss in der Commissur selbst fehlt die zellige Rinde und sind hier nur noch Nervenfasern vorhanden (Fig. 5 u. 6). Diese Strecke ist aber, sogar bei grossen Exemplaren, nicht länger als $^1/_{10}$—$^1/_{25}$ Mm. Sowohl bei *Drepanophorus* wie bei *Amphiporus hastatus* und *Amphiporus pulcher* (Fig. 3) habe ich diese Commissur immer angetroffen. MOSELEY beschreibt eine ähnliche Commissur (jedoch nicht an Querschnitten constatirt) bei *Pelagonemertes*, v. KENNEL findet sie bei *Malacobdella*. Weder bei Schizo- noch bei Palaeonemertinen ist es mir bis jetzt gelungen, eine solche Commissur an Schnittserien nachzuweisen, wenngleich das Ex. der kleinen *Polia minor* mir bei Compression des lebenden Thieres eine solche zu besitzen schien. Vorläufig muss also — jedenfalls für die Schizonemertinen — angenommen werden, dass hier die bis jetzt als allgemein geltende Anschauung: es enden die beiderseitigen Nervenmarkstämme in der Schwanzspitze blind, die richtige sei.

Es muss jetzt das *peripherische Nervensystem* der Nemertinen in seinem feineren Baue geschildert werden.

Vom Gehirne entspringen zunächst vier Systeme peripherischer Nerven: 1°. die Nerven für die Augen, für die Muskulatur der Kopfspitze und eventuell der Kopfspalten, 2°. die Nerven für den Rüssel, 3°. die Nerven für den Oesophagus und Vorderdarm, 4°. der unpaare Nerv in der dorsalen Medianlinie. Von den sub. 2 und 3 erwähnten Systemen paariger Nerven entspringen die Rüsselnerven in der Nähe der Gehirncommissur und begeben sich nach vorne zu der Anheftungsstelle des Rüssels in dem Kopfe, während der paarige Vagus oder Darmnerv mehr nach hinten und zwar aus den unteren Anschwellungen seinen Ursprung nimmt. Der dünne, mediane Nerv, der zwischen den Muskelschichten des Rückens seinen Verlauf nimmt, entspringt von der dorsalen Commissur. Endlich zweigen sich von den

Nervenmarkstämmen zahlreiche Nervenäste für Haut und Muskulatur ab, immer nach Zahl und Anordung für jedes Körpersegment übereinstimmend und in regelmässiger Reihenfolge. Wir werden diese verschiedenen Systeme peripherischer Nerven successive bei den verschieden Gattungen verfolgen.

Die beiderseitigen, starken Nervenstämme, welche sich unter allmähliger Verzweigung zu den Augen begeben, treten in den Gattungen *Amphiporus* und *Drepanophorus*, bei denen zahlreiche und grosse Augen vorkommen, schon bei Compression des lebenden Thieres sehr deutlich hervor (VII. Taf. I. f. 2). Bei den Gattungen mit einer geringeren Anzahl von Augen sind auch diese Stämme weniger deutlich; dennoch sind sie auf Schnittserien überall mit Sicherheit zu verfolgen.

Unter den SCHIZONEMERTINI und speciell bei der Gattung *Cerebratulus*, bei der die Augen entweder fehlen oder doch nur in sehr geringer Anzahl vorkommen, entspringen dennoch vom vorderen Hirnrande jederseits sechs oder mehr starke Nervenstämme, welche sich unter rascher, dichotomischer Theilung zu der Muskulatur der Seitenspalten, zu der Kopfspitze und eventuell auch zu den Augen begeben. Es darf wohl zweifellos auf Rechnung dieser feinen und zahlreichen Nervenästchen geschrieben werden, dass die Kopfspitze der Sitz eines noch delicateren Tastsinnes zu sein scheint, als die übrige Körperoberfläche. Alle diese Nervenstämme entspringen im Gehirne aus dem centralen Faserkerne, sind also in den vordersten Schnitten einer Querschnittserie durch das Gehirn als separate Faserbündel inmitten des Ganglienzellenlagers gekennzeichnet.

Während diese Nervengruppen auch bei *Polia* und *Valencinia* der eben gegebenen Schilderung entsprechen, erscheint *Carinella* anders beschaffen. Es gehen hier vom spongiösen, massigen Faserkerne, da wo er die breite ventrale Commissur bildet, starke, nebeneinander gelegene Faserbündel ab, welche, alle von der ventralen Commissur ausgehend, eine Strecke weit an der ventralen Kopfmuskulatur entlang und mit einander parallel verlaufen. Nach vorne zu findet dann allmählig eine feinere Verzweigung statt. Bei *Carinella annulata* scheinen sich auch Nervenästchen zu zwei grossen Pigmentflecken zu begeben, welche links und rechts von der stumpfen Kopfspitze gelegen sind und sich als Anhäufungen kleiner, gefärbter Körnchen erweisen, über deren eventuelle Deutung als lichtpercipirende Organe ich vorläufig indessen nichts Sicheres zu sagen vermag.

Im Allgemeinen scheinen die als Augen aufzufassenden Organe bei den verschiedenen Nemertinengattungen auf einer sehr wechselnden Entwickelungsstufe zu stehen. So trifft man gewisse *Cerebratulus*-Arten, bei denen einfache Pigmentflecken als Augen gedeutet worden sind, während die vom Gehirne aus mit Nerven versehenen Pigmentflecke mehrerer Arten der Gattungen *Lineus* und *Nemertes*

keinen complicirteren Bau zeigen. Bei *Nemertes echinoderma* werden mehrere von diesen Pigmentflecken nicht einmal direct vom Gehirne, sondern von den Nervenmarkstämmen mit feinen Aestchen versorgt (XIX).

Anders verhalten sich die Gattungen *Polia*, *Amphiporus*, *Drepanophorus*. Hier bemerkt man bei Compression des lebenden Thieres, dass der Pigmentfleck eine regelmässige, hohlkegelförmige Gestalt angenommen hat, und dass sich damit eine halbkugelige, sehr helle, durchscheinende Hälfte verbindet, welche ohne Zweifel als dioptischer Apparat aufgefasst werden muss. Das ganze Auge hat hier eine sphärische oder eiförmige Gestalt und ist in seiner vorderen Hälfte wasserklar und durchsichtig, in seiner hinteren Hälfte dagegen stark pigmentirt. Zu jedem Auge sieht man in deutlichster Weise schon im lebenden Thiere ein feines Nervenästchen treten, welches in der Mitte der Pigmentkappe in das Auge übertritt. Feine Querschnitte (bei *Drepanophorus*) lehren über den inneren Bau dieser Augen Folgendes kennen (Fig. 42). Die Pigmentschicht wird nach hinten und aussen noch von einer durchscheinenden, homogenen Hülle umgeben, welche sich nach vorne in die halbsphärische Kuppe fortsetzt, durch welche die „Linse" vorne begrenzt wird. Ob in der Pigmentschicht selbst noch wirkliche Zellgrenzen zu unterscheiden sind, oder ob die kleinsten Pigmentkörnchen sich einfach um zahlreiche Kerne zu kleinen, mehr oder weniger polygonalen Haufen zusammengefügt haben, wage ich noch nicht zu entscheiden. Gleich an der Innenfläche der Pigmentschicht finde ich eine Gewebsschicht, welche sich nach vorne ungefähr gleich weit erstreckt wie jene und sie an Mächtigkeit vielleicht um das Doppelte übertrifft. Diese Schicht erscheint auf senkrechten Querschnitten fein gestreift, und die Streifen senkrecht gegen die hintere Fläche des Auges gerichtet. Bei Schnitten, welche senkrecht auf die Richtung der eintretenden Nervenfaser durch das Auge geführt werden, hat diese Schicht dagegen ein feinkörniges Aussehen. Ich kann nicht umhin, sie mir als aus äusserst feinen Stäbchen zusammengesetzt zu denken. Der hintere Raum des Auges, zwischen dieser Stäbchenschicht und der halbsphärischen Linse wird von einer Zellenmasse ausgefüllt. Die Zellen sind verhältnissmässig gross ($^1/_5$—$^1/_{10}$ des ganzen Augendurchmessers) und besitzen einen deutlichen, grossen Kern mit Kernkörperchen. Sie färben sich mit Carmin tiefer als die gegen dieses Tinctionsmittel fast ganz indifferente Stäbchenschicht, welcher sie unmittelbar anliegen. Nach vorne folgt auf diese Zellenmasse, welche eventuell mit einem Glaskörper zu vergleichen wäre, die mehr oder weniger halbkugelige Linse, welche sonst aber noch nicht als ein rings herum abgegrenzter, selbständiger Körper characterisirt ist, und in der, auch bei stärkerer Vergrösserung, keine Structurelemente nachzuweisen sind. Diese eigenthümlichen Augen zeigen sich also in ihrem Baue mehr Aehnlichkeit mit den Nebenaugen

gewisser Fische (XXIX) und dem Auge gewisser Mollusken, als mit dem der Arthropoden. Bei *Polia* will es mir scheinen, als ob hinter jedem Auge der Nerv sich zu einer kleinen, einige Zellen enthaltenden, gangliösen Anschwellung verdicke, welche sodann unmittelbar an die hintere Fläche des Auges angelagert ist.

Ausser bei *Amphiporus* und *Drepanophorus* kommen auch bei *Oerstedia* ähnliche Augen vor; bei *Tetrastemma* hingegen sind mir Augen mit deutlich ausgesprochener Linse nicht zur directen Beobachtung gekommen.

Ob an einem eigenthümlichen, aus mehreren Kammern aufgebautes Organ in der Kopfspitze von *Drepanophorus*, dessen an anderem Orte Erwähnung gethan werden wird, auch eventuell eine Bedeutung als Sinnesorgan beizulegen wäre, muss vorläufig unentschieden bleiben.

Die Nerven, welche für die Muskulatur des Kopfes und der Seitenspalten bestimmt sind, konnten auf Querschnitten nicht bis zu ihren feinsten Verzweigungen verfolgt werden.

Betreffs der Innervation des Rüssels ist es VON KENNEL (XII) gewesen, der zuerst einen anregenden Gedanken ausgesprochen hat, indem er zahlreiche Längsstränge im Rüssel von *Drepanophorus*, über deren Natur frühere (IX, XVI, XVII) und spätere (VI) Untersucher verschiedenartige Meinungen geäussert, zuerst als nervöse Stränge gedeutet. Er fand ausserdem, dass diese Stränge gegen die Anheftungstelle des Rüssels im Kopfe zu an Zahl abnehmen, und schloss daraus, dass sie sich in der Längsrichtung des Rüssels durch dichotomische Theilung vermehrten. Da es ihm wegen mangelhaften Materiales nicht möglich war, den directen Zusammenhang dieser Längsstränge mit dem Gehirne nachzuweisen, so entbehrte seine glückliche Hypothese des thatsächlichen Beweises, und waren auch noch keine Gesichtspunkte zum Vergleiche mit anderen Nemertinen-Arten gewonnen.

Am evidentesten ist der Eintritt starker Nervenstämme in den Rüssel bei der Gattung *Carinella*, auf deren relativ niedrige Entwickelungsstufe schon oben hingedeutet wurde. Sowohl in einer dorsotangentialen (Fig. 2) als in einer verticalen Querschnittserie trifft man jederseits einen starken Nervenstamm, der wegen seiner spongiösen Beschaffenheit noch massiger und deutlicher ins Auge tritt. Er entspringt vom vorderen Hirnrande, etwas gegen die Bauchseite zu, und biegt sich gleich zu der in demselben Niveau dem Kopfe angehefteten Rüsselwandung. Der Rüssel-Nerv nimmt jedoch nicht seinen Verlauf in der muskulösen Wand des Rüssels, sondern liegt nach innen von den Muskelschichten (bei dem eingestülpten Rüssel) zwischen diesen und den zelligen innersten Schichten, welche letzteren wiederum die urticirenden Elemente enthalten. Auf Querschnitten in verschiedener Höhe des Rüssels trifft man die Rüsselnerven an einander diametral gegenüberliegenden Punkten, und scheinen sie von zahlreichen, sich

eng an sie anschliessenden, queren Faserzügen an ihrem Platze gehalten zu werden. Ausserdem will es mir an den vorliegenden Praeparaten scheinen, als ob diese Längsnerven alsbald eine Zweispaltung erlitten, wobei aber der abgespaltene, bedeutend dünnere Stamm unmittelbar neben dem primitiven Hauptstamme weiter verläuft (Fig. 38, N).

Bei *Polia curta* gelingt es ebenfalls den Nachweis zu liefern, dass zwei Nervenstämme von der ventralen Commissur ausgehen und ihren Weg zum Rüssel finden. Unter den Schizonemertinen zeigt *Cerebratulus urticans* die Rüsselnerven besonders deutlich (Fig. 37). Der Rüssel dieser Art ist durch seine ansehnlich grossen Nesselorgane charakterisirt und trägt diese Letzteren auf zwei neben einander gelegenen, longitudinalen Erhebungen, welche sich über die ganze Länge des Rüssels erstrecken. Zwischen der zelligen Basis dieser Erhebungen und der darunter gelegenen, muskulösen Wandung des Rüssels verlaufen jederseits zwei Nervenstämme, die also diese Nesselwälle in der Längsrichtung begleiten. An der Anheftungsstelle im Kopfe sehe ich jedoch nur zwei Nervenstämme in den Rüssel eintreten, so dass aller Warscheinlichkeit nach auch hier — wie durch VON KENNEL bei *Drepanophorus* nachgewiesen wurde — dichomotische Theilung der in den Rüssel eintretenden Nerven stattfindet. Auch bei anderen Schizonemertinen sind sie vorhanden, nirgends jedoch so deutlich wie bei *Cerebratulus urticans*.

Von den HOPLONEMERTINI kamen die Rüsselnerven zur Beobachtung bei *Drepanophorus* und *Amphiporus* (MAC INTOSH, VON KENNEL, HUBRECHT) und bei *Geonemertes* (GRAFF). Sie erscheinen hier als zahlreiche, dicke, longitudinale Stränge, welche in der mittleren, aus longitudinalen Fasern zusammengesetzten Muskelschicht des Rüssels verlaufen. Indem ich für eine vergleichende Darstellung der verschiedenen Deutungen dieser Längsstränge auf die Arbeit GRAFF's (VI) verweise, bleibt mir noch zu motiviren übrig, warum ich mich jetzt der Auffassung VON KENNEL's vollkommen anschliesse. Der Hauptgrund ist wohl die unverkennbare Homologie dieser Längsstränge mit den Rüsselnerven, wie ich sie vorhin bei Palaeo- und Schizonemertinen geschildert, und für welche letzteren der directe Zusammenhang mit dem Gehirne in zwingendster Weise demonstrirt werden kann. Von *Drepanophorus* ist es mir bis jetzt noch nicht gelungen Praeparate zu bekommen, welche in gleich überzeugender Weise das Uebertreten der Nerven aus dem Kopfe in die Rüsselwandung darthäten, und so vermag ich z. B. noch nicht zu entscheiden, ob zwei oder vier Stämme an der Anheftungsstelle des Rüssels in diesen eintreten. Auch VON KENNEL ist bei *Drepanophorus* auf dieselbe Schwierigkeit gestossen, und obgleich ich Schnittserien besitze von Exemplaren, bei welchen der Rüssel in normaler Weise ein-

gestülpt und im Kopfe befestigt geblieben ist, so machen diese die Annahme von Kennel's nur wahrscheinlich, dass nämlich die Rüsselnerven dieser Gattung in der Nähe der Anheftungsstelle äusserst fein sind und erst nachträglich durch Theilung und Vermehrung der Fibrillen deutlich unterscheidbar werden.

Auf anderem Wege ist es mir dennoch auch bei dieser Gattung gelungen, einen neuen Beweisgrund für die Hypothese, dass die betreffenden Gebilde Nerven seien, aufzufinden. Bei einem Riesenexemplare von *Drepanophorus serraticollis*, bei welchem der ausgestülpte Rüssel 3.5 mm. im Durchmesser misst, war es nämlich möglich die feineren, von diesen Hauptstämmen sich abzweigenden Nervenfibrillen in ihrem weiteren Verlaufe durch den Rüssel zu verfolgen. Die Grösse dieses Untersuchungsobjectes macht es erklärlich, warum dieses Detail bis jetzt übersehen wurde. Dazu fügt sich der günstige Umstand, dass in dem vorliegenden Präparate die Membran zwischen den Papillen des vorderen Rüsselabschnittes und der Muskelwandung dick und wenig geschrumpft ist, durchziehende Nervenfasern also leicht erkannt werden können.

Von Kennel beschreibt die bindegewebige, Kerne führende Schicht, welche vertical zwischen den im Kreise gestellten Nervenstämmen ausgespannt ist und sich auch zum Theil zwischen der longitudinalen Muskelschicht des Rüssels in radialer Richtung hinzieht. Sie bildet eine eigene Hülle um die Nervenstämme, welche sich bei tingirten Präparaten durch ihre dunklere Färbung unterscheidet. In Quer- und Längsschnittserien durch den ausgestülpten Rüssel findet man, dass von den longitudinalen Längsnerven, in sehr kurzen Abständen über einander, sich feine Nervenfibrillen unter fast rechtem Winkel abzweigen, welche sich gleich in radiärer Richtung zur äusseren Oberfläche des Rüssels begeben. Wäre es nicht der Fall, dass diese Fibrillen dabei von einer dicken Scheide des oben erwähnten Bindegewebes begleitet sind, so würden sie sich wohl noch der Beobachtung entzogen haben. Jetzt fallen sie aber durch die Dicke dieser Hülle ins Auge und können auf den meisten Schnitten in ihrem ganzen Verlaufe, quer durch die Muskelschichten hin verfolgt werden (Fig. 39 u. 40)*. In dem oben erwähnten, membranösen, äusseren Ueberzuge dieser Muskelschichten treten sie dann noch deutlicher auf und verlieren sich in der Basis einer Rüsselpapille, und zwar, wie ich versichern zu können glaube, je eine Nervenfaser für eine Papille. Diese Papillen

* Aus diesen Abbildungen wird man ersehen, dass die Ringmuskulatur des Rüssels in regelmässige, metamere Abschnitte zerfällt, zwischen welchen hindurch die erwähnten Nerven ihren Weg nach Aussen nehmen. Dagegen erscheint die Längsmuskulatur des Rüssels in longitudinale Fächer getheilt.

wurden schon früher beschrieben (IX) und sind aus schleimigen Stäbchen aufgebaut, welche dem ausgestülpten Rüssel eine grosse Klebrigkeit verleihen. Auch an conservirten Exemplaren sind dieselben erhalten und färben sich tief mit Carmin. Dass diesen Papillen eventuell auch eine sensorische Thätigkeit beigelegt werden muss, wird durch den Verlauf dieser feinen Nerven, sowie durch ihre ausserordentliche Anzahl wahrscheinlich gemacht. Von der Oberfläche gesehen, bei Compression eines ausgestülpten Rüssels, stehen die Papillen in sehr regelmässigen Reihen vor und neben einander, und zwar dicht gedrängt. Die Innervation des Rüssels hat man sich danach so vorzustellen, dass ein feiner Nervenzweig jede Papille auf dem kürzesten Wege mit dem ihm zunächst gelegenen longitudinalen Rüsselnerven verbindet.

Ueber denjenigen Rüsselabschnitt, welcher hinter der Rüsselbewaffnung gelegen ist, und in dem durch v. KENNEL ebenfalls longitudinale Nerven nachgewiesen wurden, habe ich noch zu keinen eigenen Beobachtungen Gelegenheit gehabt. Ebenso muss die Innervation des Rüssels bei den Gattungen *Nemertes* und *Tetrastemma* später noch einer vergleichenden Untersuchung unterzogen werden, was bei diesen, mit ganz anderen Rüsselpapillen versehenen Arten, gewiss auch zu abweichenden Resultaten führen wird.

Den Bau der grossen Rüsselnerven finde ich wie sie v. KENNEL geschildert: punktirt auf Querschnitten, fein fibrillär auf Längsschnitten. Auch will es mir scheinen, dass nervöse Fasern in einer horizontalen Ebene von einem Stamme in den nächstfolgenden übergehen, wenigstens macht die bindegewebige Schicht, in welchem wir die Längsstämme eingelagert fanden, auf Längsschnitten nicht einen homogenen Eindruck, sondern findet man sie sodann in regelmässigen Abständen von horizontalen Zügen einer anders beschaffenen Gewebsart durchzogen (Fig. 39 N). Allerdings ist die nervöse Natur dieser Letzteren auch mir selbst noch problematisch.

Wir kommen nun zu der Beschreibung des Nervenpaares, welches ventral vom Gehirne entspringt und sich nach hinten zu der Oesophagus-, resp. Darmwandung begibt. Auch dieser Nerv ist bei *Carinella* durch seine Mächtigkeit auffallend und verläuft an dem Mundrande entlang zwischen den zelligen Schichten, welche die Darmwandung bilden, und der Muskulatur. Er lässt sich ziemlich weit nach hinten verfolgen und verjüngt sich, zum Theil durch Abgabe von Seitenzweigen, welche sich über die Darmwand verbreiten. Der Ursprung und Verlauf dieses Nerven bietet weder bei *Polia* noch bei den Schizonemertinen erhebliche Unterschiede, nur ist er bei den Letzteren weniger spongiös gebaut und dadurch weniger stark. Er entspringt direkt aus dem Faserkerne im hinteren Abschnitte der untern Gehirnanschwellung. Bei *Polia curta* finde ich

in diesem Nerven eine Strecke weit nach seinem Austreten vereinzelte Ganglienzellen eingelagert (Fig. 32).

Auch bei den HOPLONEMERTINI ist dieser Nerv, ohne weitere Modificationen zu zeigen, vorhanden, scheint jedoch hier noch dünner geworden zu sein. Bei MAC INTOSH finde ich ihn nicht beschrieben und obgleich QUATREFAGES dessen eben so wenig Erwähnung thut, so scheint doch aus mehreren seiner Abbildungen hervorzugehen, dass er einen solchen Nerven bei mehreren beobachtet habe, ohne sich jedoch über dessen weiteren Verlauf klar geworden zu sein. Am ehesten lässt sich dieser Nerv mit dem Nervus vagus der höheren Thiere vergleichen. Danach muss aber SEMPER's Hypothese (XXVIII), der in der oberen, quer über Rüssel hinwegziehenden Gehirncommissur das Homologon des von LEYDIG bei anderen Wirbellosen als Nervus vagus gedeuten Nerven erblickt, eingehen.

Von dem medianen, dünnen Nervenstrange, welcher am Rücken des Thieres in der Muskulatur verläuft, ist noch hervorzuheben, dass er bei *Carinella* sehr deutlich hervortritt und dass sich z. B. an dorsotangentialen Schnitten, in welchen sowohl die dorsale Gehirncommissur als auch dieser Nerv in seiner Länge getroffen ist, in überzeugender Weise demonstriren lässt, dass er in der Mitte dieser Commissur entspringt und sich von da aus nicht nur nach hinten durch den ganzen Körper hindurch, sondern auch z. Th. noch vorn in den Kopf hinein erstreckt. Diese beiden Stämme sind also vertical zur Richtung der Commissur gestellt, der dem Kopfe angehörige Abschnitt aber sehr schwach im Vergleich zu dem nach hinten verlaufenden. In seinem weiteren Verlaufe verhält sich dieser Nerv wie die beiden Nervenmarkstämme, d. h. er bleibt ausserhalb der Muskulatur.

Bei den übrigen Palaeo- sowie bei den Schizonemertinen verhält sich der Nerv ebenso. Bei den Letzteren liegt er, wiederum wie die Nervenmarkstämme, zwischen der Längs- und der Quermuskelschicht (nur bei Einer Cerebratulus-Art finde ich ihn in die longitudinale Muskelschicht eingeschlossen) welche, wie sich bei *Cerebratulus roseus* sehr deutlich wahrnehmen lässt, durch eine homogene, mit einer Scheide zu vergleichenden Schicht von einander getrennt sind. In Letzterer liegen also seitlich die Nervenmarkstämme, sowie dorso-medial der betreffende Nerv. Aus Fig. 41 wird man ersehen, dass ausserdem in dieser intramuskulären, den Körper scheidenartig umfassenden Schicht ein flach ausgebreitetes Zellenlager vorkommt, welches mit den Nervenzellen der centralen Markstämme in directer Verbindung steht und einerseits diese beiden Markstämme ventral vereinigt, andrerseits eine dorsale Verbindung zwischen diesen Centralorganen und dem dorsomedianen Nerven zu Stande bringt. Vorläufig vermag ich nicht eine definitive Deutung dieser Gewebsschicht zu geben (siehe die Bemerkungen in der Tafelerklärung). Erwähnung verdient noch, dass ich bei *Cerebratulus hepaticus* mehr nach

hinten im Körper ein dorso-mediales Nervenstämmchen *innerhalb* der Ringmuskelschicht, zwischen dieser und der muskulösen Rüsselscheide durchschnitten gefunden habe. Ich glaube berechtigt zu sein, darin die Fortsetzung des aus der oberen Commissur entspringenden Nerven zu erblicken und damit zugleich einen Beleg für die Deutung als „Rüsselscheidennerv", wie ich diesen medianen Stamm bezeichnen möchte. Damit ist sowohl seine Lagerung als seine Fortsetzung im Kopfe u. s. w. im Einklange, während die grosse Rolle, welche die Contractionen der Rüsselscheide bei der Aus- und Einstülpung dieses Organs spielen, die verhältnissmässige Stärke, sowie die Selbständigkeit dieses Nerven motiviren.

Bei den HOPLONEMERTINI finde ich einen ähnlichen medianen Strang, welche hier, wo die Nervenmarkstämme in die Leibeshöhle gewandert sind, doch immer noch ausserhalb der Muskulatur liegt. Vielleicht wird sich näher feststellen lassen, dass hierin wirklich das Homologon des vorhin beschriebenen Nerven erblickt werden muss. Vor der Hand finde ich aber an einigen Schnittserien, dass eine Verbindung mit der dorsalen Gehirncommissur (bei *Drepanophorus*) bestimmt nicht vorhanden ist, wenn sich auch an anderen, bei denen die Muskelschicht der Rückenseite dünner ist, eine solche wiederum mit grösster Wahrscheinlichkeit vermuthen lässt. Vorläufig muss ich diesen Punkt also noch unentschieden lassen.

Der eben beschriebene, mediane Nerv ist, wie ich nachträglich bemerke, auch schon von MAC INTOSH (XVIII) beobachtet worden, der aber über den Zusammenhang mit der dorsalen Commissur sich keine Sicherkeit hat verschaffen können.

Zum Schlusse müssen nun noch die feinen, peripherischen Nerven, welche von den longitudinalen Nervenmarkstämmen entspringen, kurz erwähnt werden. Nur bei kleinen, durchsichtigen *Drepanophorus*-Exemplaren gelang es mir sie bei Compression sichtbar zu machen, und zwar nach Behandlung mit Essigsäure. Bei grossen Exemplaren finde ich sie auf Schnitten; hier ist aber das Verfolgen ihres ganzen Verlaufes äusserst schwierig geworden. Es zeigt sich dann dass, wie auch schon von frühern Beobachtern constatirt wurde, nach beiden Seiten, sowohl dorsal wie ventral, feine Nervenästchen von den Markstämmen entspringen und sich zu der Muskulatur und der Haut begeben. Eine Strecke weit bleiben diese ausgetretenen Nervenästchen ungetheilt; sehr bald nach ihrem Eintritte in die Muskulatur erleiden sie jedoch eine sich mehrfach wiederholende dichotomische Theilung.

Weder bei Palaeo- noch bei Schizonemertinen habe ich bis jetzt über diesen Abschnitt des peripherischen Nervensystems eigene Beobachtungen angestellt, und lässt sich vorläufig nur vermuthen, dass bei allen die Zahl der aus-

tretenden Nervenästchen im bestimmten Verhältnisse zu der Zahl der Körpersegmente stehe.

II.

Die Abschnitte des Nervensystems, welche oben unter den Namen „hintere oder dritte Gehirnanschwellung" aufgeführt worden sind und in ihrer histologischen Beschaffenheit näher geschildert wurden, so wie die mit ihr in Verbindung stehenden Kopfspalten und Kopfgruben haben in den letzten Jahrzehnten zu mehreren, von einander abweichenden Hypothesen Veranlassung gegeben. Huschke (X), der die Nervenmarkstämme als Canäle betrachtete, verlegte deren Ausmündung in die Kopfspalten; Oersted (XXIV), der das Gehirn für ein doppeltes, rothes Blut führendes Herz hielt, fasste die demnächst an dieses Herz herantretenden Kopfspalten als Respirationsorgane auf. Schon früher waren sie von Rathke (XXVI) als Gefühlsorgane gedeutet worden, eine Meinung der sich auch Quatrefages (XXV) anschliesst. Goodsir (V) betrachtete die Kopfspalten sogar als äussere Oeffnungen des Genital-apparates; Van Beneden (II) erblickt darin die Ausmündungsstellen eines Wassergefässsystems; Schmarda (XXVII) schliesst sich wieder der älteren Oersted'schen Deutung an. Keferstein (XII) scheint mit keiner dieser Deutungen recht einverstanden zu sein, giebt aber eben so wenig eine eigene Interpretation. Am eingehendsten ist die Frage von Mac Intosh (XVI, XVIII) beleuchtet worden, der aus einer Reihe microscopischer Schnitte den Schluss zieht, dass wir es hier mit eigenthümlichen Sinnesorganen unbekannter Function zu thun haben. Er war zugleich der erste, der die constante Beziehung zwischen diesen, von ihm Kopf- oder Gehirnsäcke (cephalic sacs) genannten, soliden Organen (unsere „dritte Anschwellung") und den Kopfspalten oder Kopfgruben streng ins Auge fasste. Erstere tragen bei Keferstein den Namen Seitenorgane; Letztere bei Quatrefages den von „fossettes cephaliques."

Wenn ich es nun wage, diesen zahlreichen Auffassungen eine neue an die Seite zu stellen, so geschieht dies nur weil ich der Meinung bin, dass die gesammten anatomischen, entwickelungsgeschichtlichen und physiologischen Thatsachen mehr zu Gunsten dieser Auffassung als irgend einer anderen sprechen. In einer vor fünf Jahren erschienenen Arbeit (VII) habe ich die Hypothese aufgestellt: „es diene das in dem Nervengewebe vorhandene Haemoglobin einer „directen respiratorischen Thätigkeit. Diese zu ermöglichen dient der gewun-

„dene Flimmercanal, den wir in das Gehirn durchdringen und dort blind endigen „sehen." Wegen ungenügenden Materials konnte dieser Hypothese nicht schon damals eine kräftige, auf Thatsachen gestützte Begründung zu Theil werden. Sie bedarf also einer näheren Prüfung und es lag nahe diese zunächst auch auf physiologischem Gebiete zu suchen.

Zu den Experimenten wurden jene Thiere gewählt, bei denen 1° eine starke Tingirung des Centralnervensystems vermittelst Haemoglobin vorhanden ist und 2° recht deutliche und möglichst grosse Kopfspalten die Beobachtung erleichterten. Fasst sämmtliche *Cerebratulus*-Arten entsprechen dieser Anforderung; unter diesen war aber *Cerebratulus marginatus* am leichtesten zu beschaffen und wurde somit als Versuchsthier gewählt.

Zunächst musste durch Versuche festgestellt werden, wie die Kopfspalten beim lebenden Thiere bei einer Veränderung im Sauerstoffgehalte des Seewassers sich verhalten. Es wurde dazu Seewasser während einiger Minuten gekocht und das Quantum in Dampf übergegangenen Wassers durch die gleiche Quantität destillirten Wassers ersetzt. Während nun die Thiere sich im gewöhnlichen, frischen Seewasser ganz ruhig verhalten und dabei meistens eine kaum merkbare, wellenförmige, rythmische Oeffnung und Schliessung der (bis zu 12 Mm. langen) Kopfspalten stattfindet, tritt gleich nach der Ueberführung in das sauerstofflose Seewasser eine merkbare Veränderung ein. Zunächst zeigen sich peristaltische Contractionen des Vorderkörpers, bald von raschen, schlangenartigen Hin- und Herbewegungen des Thieres gefolgt. Dabei hat sich zu gleicher Zeit ein heftiges Auf- und Zuklappen der Kopfspalten eingestellt, das Thier schiesst wiederholt mit dem Kopfe über den Wasserspiegel hervor, indem sich seine Aufregung mit jeder Minute zu steigern scheint. Bringt man nach einiger Zeit das Thier in sauerstoffhaltiges Seewasser zurück, so ist die Unruhe bald beendigt, und nach kurzer Zeit findet man, dass die Kopfspalten ihre heftigen Bewegungen einstellen und sich anstatt dessen weitklaffend öffnen, wobei das rothe Gehirn im Boden der Spalte sehr deutlich durchschimmert. So liegt das Thier längere Zeit am Boden des Gefässes und kehrt erst allmählig zu seinem ruhigen, ursprünglichen Verhalten zurück. Noch sei hier bemerkt, dass wenn man ein normales Thier in frischem Seewasser anhaltend mit der Pincette verfolgt und zu greifen versucht, ähnliche rasche Bewegungen, um der Gefahr zu entfliehen, erfolgen, und dabei zu gleicher Zeit auch die Kopfspalten in dieselben, heftigen Oeffnung- und Schliessungsbewegungen versetzt werden. Auch hier tritt nach Aufhören des Verfolgens die Rückkehr zum normalen, ruhigen Verhalten erst langsam ein. Derselbe Versuch wurde öfters und immer mit dem nämlichen Resultate wiederholt.

Zu einer zweiten Versuchsreihe wurde Seewasser verwendet, in dem man vermittelst eines Apparates zur Entwickelung von Kohlensäure eine gewisse Quantität dieses Gases aufgelöst hatte. Auch wurde Kohlensäure in Seewasser zur Auflösung gebracht, das man zuvor seines Sauerstoffs beraubt hatte; die zu erwähnenden Versuche führten in beiden Fällen zu ganz ähnlichen Resultaten; in Letzterem Fall, vielleicht unter noch prägnanterer Form. Bringt man ein ruhiges Thier aus frischem Seewasser in kohlensaürehaltiges, so tritt gleich Schliessung der seitlichen Kopfspalten ein, abermals von peristaltischen Bewegungen am vorderen Körperende begleitet. Hat man zuvor das Thier in frischem Seewasser mit der Pincette gequält und die Kopfspalten somit in heftige Bewegung versetzt und bringt man gleich darauf das Thier in kohlensaürehaltiges Seewasser, so tritt nichtdestoweniger die krampfhafte Schliessung der Kopfspalten in demselben Augenblicke ein und werden diese nicht wieder geöffnet, auch wenn man fortfährt das Thier zu verfolgen und zu quälen. Sobald man Letzteres jedoch in frisches Seewasser zurückversetzt, fängt das heftige Schnappen der Kopfspalten wieder an, gleichviel ob man die Verfolgung des Thieres einstellt oder nicht.

In einer dritten Versuchsreihe wurden die beiden vorigen Methoden combinirt. Zwei Thiere von ungefähr gleicher Grösse wurden in sauerstoffarmes Seewasser gesetzt und nach einer Viertelstunde das Eine in frisches Seewasser zurück gebracht, das andere in kohlensaürehaltiges Seewasser übergeführt. Indem ersteres sich ganz in der oben geschilderten Weise verhielt, verrieth auch Letzteres nichts Auffallendes, aber die Schliessung der Kopfspalten trat hier ebenfalls unmittelbar ein, selbst wenn das Thier länger als eine halbe Stunde in dem sauerstoffarmen Seewasser zugebracht hatte. Nach kurzer Zeit wurden die Rollen vertauscht, beide Exemplare erst wieder in sauerstoffarmes Seewasser zusammengebracht und diesmal B in das frische, A in das kohlensaürehaltige Seewasser zurückversetzt. Dieselben Erscheinungen wiederholtensich, jedoch in umgekehrtem Sinne. Noch ist zu bemerken, dass bei Ueberführung eines Thieres aus kohlensaürehaltigem Seewasser in frisches die Erscheinungen folgendermaassen zu charakterisiren sind: die Wiederöffnung der Kopfspalten findet langsam statt, eine schwache, wellenförmige Bewegung wird zunächst an deren Rändern beobachtet und erst allmählig treten heftige Oeffnungs- und Schliessungsbewegungen der jetzt weit geöffneten Kopfspalten ein, die dann wieder nach geraumer Zeit langsam ihr normales Verhalten annehmen.

Noch eines Controllversuches werde ich hier zum Schluss Erwähnung thun. Ein kleines Exemplar wurde mit der Pincette beim Schwanz ergriffen und abwechselnd ein halb Dutzend Mal vom frischen ins kohlensaürehaltige

Seewasser und vice versa übertragen, jedesmal nach einem Aufenthalte von wenigen Minuten. Ohne auch nur ein einziges Mal fehl zu schlagen, wiederholen sich regelmässig die oben geschilderten Erscheinungen: starke Wellenbewegungen im frischen, krampfartige Schliessung im kohlensaürehaltigen Wasser, ungeachtet des aüsseren Reizes, dem das Thier durch das festhalten des Schwanzes fortwährend ausgesetzt ist.

Eine auffallende Erscheinung, welche bei den Versuchen mit dem kohlensaürehaltigen Wasser eintrat, war diese, dass, wenn ein Thier längere Zeit in diesem Wasser zugebracht hatte, die hellrothe Farbe des Centralnervensystems verschwunden und eine dunkle, bräunlich-rothe an die Stelle getreten war. Dies war offenbar die nämliche Erscheinung, welche beim Uebergange von arteriellem Blute in venöses beobachtet wird: es hat eine Reduction und damit eine Verfärbung des Oxyhaemoglobines [stattgefunden. Diese Verfärbung und auch umgekehrt die Rückkehr zum ursprünglichen Verhalten, die Aufnahme von Sauerstoff also, scheint verhältnissmässig langsam stattzufinden, jedenfalls viel langsamer als im Blut der höheren Thiere. Als Beweis dafür möge dienen, dass mir dann und wann Thiere gebracht wurden, die, nachdem sie gefangen waren, schon einige Zeit in frischem Seewasser zugebracht hatten, und bei denen dennoch die dunkle, reducirte Farbe des Nervensystems zu demonstriren war. Bei solchen Thieren war das Nervengewebe zur Zeit des Fangens, wahrscheinlich durch längeren Aufenthalt in schmutziger Schlammboden sauerstoffärmer als gewöhnlich, und ein längeres Verweilen in sauerstoffreichem Seewasser hatte noch nicht ausgereicht um einen Gasaustausch zu bewirken, der kräftig genug gewesen wäre um auch die hellrothe Farbe wieder hervorzurufen.

Aus dem Vorhergehenden glaube ich den Schluss ziehen zu dürfen, dass bei *Cerebratulus marginatus* den Kopfspalten (für den Zutritt des Seewassers zum Gehirne schon ohnehin von grosser Bedeutung) die Function obliegt, bei bedeutenderem oder geringerem Sauerstoffgehalte des Seewassers, die Quantität desselben, welche dem Nervengewebe zuströmt, streng zu reguliren. Auch bei stärkeren Nervenerschütterungen des Thieres (mechanische Reize u. s. w.), wo also presumirt werden kann, dass der Oxydationsprocess im Centralnervensysteme ein stärkerer und somit der Sauerstoffbedarf ein grösserer sei, bewirken die Kopfspalten durch heftige und angepasste Wellenbewegungen eine bedeutende Beschleunigung in den Wasserstrome, welcher in dem Ruhezustand des Thieres wohl hauptsächlich durch die zahlreichen Cilien, mit denen die Innenfläche der Spalten, ausgekleidet ist, erzeugt und dem Haemoglobinhaltenden Nervengewebe zugeführt wird. Weiter beweist die Reduction des Haemoglobins im Nervengewebe bei anhaltender Einwirkung von Kohlensaüre, dass in diesem Gewebe eine be-

stimmte, respiratorische Thätigkeit stattfindet. Sodann liegt auch die Schlussfolgerung nahe, dass diese Thätigkeit *da* am energischten sein muss, wo ein fortwährender, directer Contact des Nervengewebes mit einem constanten Strome frischen Seewassers stattfindet. Die histologische Untersuchung hat dargethan, dass solches in der dritten oder hinteren Gehirnanschwellung der Fall ist und diese also mit vollem Rechte als respiratorisches Ganglion bezeichnet werden darf.

Ausserdem ist noch zu einem directen Gasaustausche zwischen dem Seewasser und dem Haemoglobine des Gehirnes ausgiebige Gelegenheit, da wo Letzteres, nur von einer dünnen Hülle geschützt, in den Boden der Kopfspalten hervorragt (Fig. 10 u. 24).

Die Resultate, zu denen wir hiermit für *Cerebratulus marginatus* gelangt sind, passen auch auf alle anderen SCHIZONEMERTINI; nur wäre es voreilig sie ohne weiteres ebenfalls für die beiden anderen Unterordnungen als gültig zu betrachten, um so mehr als die Gestaltung der Kopfspalten nicht erlaubt bei diesen beiden Gruppen ähnliche physiologische Experimente anzustellen. Auch der Haemoglobingehalt des Nervengewebes ist bei den beiden anderen Gruppen nicht *so* gross, wie bei den Schizonemertinen. Bloss noch bei der Gattung *Polia* ist das Gehirn stark roth gefärbt; bei *Carinella* scheint die Färbung eine sehr schwache zu sein. Bei den HOPLONEMERTINI ist die Farbe des Nervengewebes sehr schwach roth und neigt sich viel mehr zum Gelblichen; nur fand ich hier in der dritten Gehirnanschwellung oft noch stärker rothgefärbte Stellen (oft grün bei durchfallendem Lichte). Zu bemerken ist, dass bei sehr vielen Arten dieser letzten Unterordung (*Amphiphorus*, *Drepanophorus*) das Haemoglobin an zahlreiche Blutkörperchen gebunden in der Blutflüssigkeit vorhanden ist, während wir sowohl bei den PALAEO- wie bei den SCHIZONEMERTINI durchgängig farbloses Blut vorfinden.

Indem wir hiermit dem anatomischen Befunde einige physiologische Data hinzuzufügen versucht haben, bleibt uns nur die ontogenetische Entwicklung dieser Organe zu schildern übrig. Eigene Beobachtungen liegen hier nicht vor, aber aus den Arbeiten der verschiedenen Forscher, die sich mit diesem Thema beschäftigt haben (LEUCKART und PAGENSTECHER, METSCHNIKOFF, BÜTSCHLI, BARROIS) lassen sich die Grundzüge dieses Gegenstandes leicht durch Combination ableiten. Bezüglich der Details bleiben freilich, wie wir sehen werden, noch viele Fragen zur Lösung offen, die hier zum Theil nur eine hypothetische Antwort erhalten können.

Die „Seitenorgane" sollen nach obenerwähnten Autoren in einem sehr frühen Larvenstadium als eine beiderseitige, sich der embryonalen Gehirnanlage eng anschmiegende Ausstülpung der Oesophagealwandung entstehen. Diesen blasenförmi-

gen Ausstülpungen wächst von aussen her eine Einstülpung des Ektoderms entgegen *; die beiden vereinigen sich, nachdem Abschnürung der Blasen von der Darmwand stattgefunden hat, so dass die innere Höhle nicht mehr mit dem Oesophagus communicirt, sondern durch einen eigenen Canal zu jeder Seite des Kopfes nach aussen mündet. Die Oeffnung dieses Canales ist bei einigen zu einer mächtigen Längsspalte vertieft, bei anderen in einer stark flimmerenden Quergrube gelegen. Auf den ersten Blick scheint diese Entstehungsweise im schroffsten Widerspruche zu unserer Deutung zu stehen, welche in diesen Organen in erster Linie Abschnitte des Gehirnes, wenn auch mit fremdem Gewebspartieen verwachsen, erblickt. Jedoch können wir an der Hand des anatomischen Befundes diesen Widerspruch gleich beseitigen. Zunächst zeigt uns dieser, dass die Behauptung: es entstehen die Seitenorgane (in toto) als Ausstülpungen des Oesophagus, eine zu weit greifende ist. Hat uns doch die histologische Untersuchung des Nervensystems in überzeugender Weise dargethan, dass bei den verschiedensten Vertretern dieser Wurmklasse aus allen Gattungen und Unterordnungen immer der Hauptbestandtheil der sogenannten Seitenorgane aus wahren Ganglienzellen besteht, die in Bau und Anordnung die vollste Uebereinstimmung mit denen der anderen Gehirnanschwellungen zeigen. So werden durch die Untersuchung der erwachsenen Thiere die entwickelungsgeschichtlichen Befunde in dem Sinne vervollständigt, dass auch dem Gehirne beim Aufbau dieser Organe ein grosser Antheil zukommt. Aus ihm muss die dritte Gehirnanschwellung in engerem Sinne (Ganglienzellen und Markfasern dieser Organe) hergeleitet werden. Der Antheil, welchen die Darmausstülpungen, sowie die Hauteinstülpungen an der definitiven Zusammensetzung der genannten Organe gehabt, ist meiner Meinung nach an erwachsenen Thieren ebenfalls noch genau nachzuweisen und dadurch die Deutung der Bildungen motivirt und erleichtert. Als Hauteinstülpung ist der Canal aufzufassen, welcher, mit einem eigenen Wimperepithel bekleidet, von aussen her die Muskelschichten durchbohrt und sich mitten zwischen den Ganglienzellen der dritten Gehirnanschwellung einen Weg bahnt, um dort mit oder ohne Erweiterung blind zu enden. Dagegen rühren von der ursprünglichen Darmausstülpung diejenigen Gewebspartien her, welche wir als ein Polster grosser, zum Theil durch plasmareichen Inhalte und deutlichen Kern ausgezeichneter Zellen, um einen Theil dieser dritten Gehirnanschwellung in enger Verbindung herumgelagert fanden, und in welchem Zellenhaufen wir bei einigen Arten (sowohl den Hoplo- wie den Schizonemertinen angehörend) eine eigene Höhlung antrafen, welche sich ebenfalls mit dem

* Zum Verständnisse dieser Verhältnisse sind die Abbildungen 4, 7 u. 8 bei Bütschli (III) besonders lehrreich.

Einstülpungscanale in Verbindung setzt, und zwar noch innerhalb der dritten Gehirnanschwellung. Das frühe Auftreten der besagten Organe weist ausserdem darauf hin, dass ihre Rolle keine unwichtige sein kann.

Hat uns also die Entwickelungsgeschichte bei der Entwirrung des histologischen Complexes, welchen wir in diesem Gehirnabschnitte antreffen, wirkliche Dienste geleistet, so wird auch die physiologische Bedeutung, welche wir diesem Abschnitte zulegen zu müssen geglaubt haben, von ihr um vieles wahrscheinlicher gemacht. Sehen wir doch in vielen Fällen, auch bei den Invertebraten, dass gerade solche Ausstülpungen des Oesophagus später zu respiratorischen Zwecken verwendet werden. Wählen wir von allen hier zu erörternden Beispielen nur das Eine, welches wohl am lehrreichsten scheint: nämlich die Entwickelung der Kiementaschen bei *Balanoglossus*. METSCHNIKOFF, AGASSIZ, SPENGEL u. A. stimmen darin überein, dass im frühen Larvenleben eine doppelte Ausstülpung vom Oesophagus die Anlage bildet, aus der später die erste Kiementasche wird, in deren Wandungen Gefässgeflechte ihren flüssigen Inhalt mit dem Sauerstoffe des Seewassers in direkte Berührung bringen können. Vergleicht man die Abbildung der Balanoglossuslarven bei METSCHNIKOFF (XXI, p. 139), worin diese Ausstülpung mit *br* angedeutet ist, mit denjenigen, welche die verschiedenen Forscher (I, III, XV, XX) für die Entwickelung der sogenannten Seitenorgane bei den Nemertinen gegeben, so drängt sich diese Uebereinstimmung in noch prägnanterer Weise auf. Meiner Meinung nach kommen bei den Nemertinen diese Ausstülpungen ebenfalls einer respiratorischen Thätigkeit zu Gute, finden hier aber, anstatt eines Circulationssystems mit flüssigem Inhalte, ein mit Haemoglobin durchtränktes Nervengewebe. Die Rolle des Festhaltens und vielleicht auch des Fortleitens (durch Austausch des aufgenommenen Sauerstoffs) kommt in dem Centralapparate zunächst den Ganglienzellen zu, welche als eine ununterbrochene Belegschicht bis in das äusserste Schwanzende des Thieres reichen. Dass ein Theil dieser Ganglienzellen mit der inneren, Seewasser-führenden Höhle der Darmausstülpungen (auch in deren späterer Umbildung), sowie mit den Hauteinstülpungen in innige Berührung tritt, hat uns der histologische Befund genügend gezeigt.

Es bleibt uns jetzt noch der Versuch zu machen übrig, das Entstehen dieser Bildungen auch von phylogenetischer Seite zu beleuchten und zu untersuchen, ob sich dabei unsere Schlüsse über ihre morphologische und physiologische Bedeutung bestätigt oder geschwächt finden. Einen höchst wichtigen Ausgangspunkt finden wir dabei in *Carinella annulata*, welche sich, wie schon oben erwähnt, in verschiedener Hinsicht als eine weniger differenzirte und primitive Form kennzeichnet. Hier liegt das ganze Centralnervensystem, wie gesagt, unmittelbar unter der Haut und kann eine eventuelle Respiration dieses Gewebes durch die Haut

noch recht leicht stattfinden (Fig. 2). In der Höhe der Gehirnanschwellung mag ein solcher Process, durch die Anwesenheit einer Querrinne als beiderseitige Hauteinsenkung resp. Verdünnung, nur noch erleichtert werden. Haemoglobin, wenn überhaupt vorhanden, färbt jedenfalls das Nervengewebe nicht mit einer auffallend rothen Farbe. Von einer dritten Gehirnanschwellung ist bei dieser Gattung noch nicht die Rede; möglicherweise sind auch in frühen Larvenstadien die Darmausstülpungen, welche sonst die sogenannten Seitenorgane mit zu bilden pflegen, nicht vorhanden; jedenfalls ist es eine sehr wichtige Aufgabe, die noch unbekannte Entwickelungsgeschichte dieser Arten auch hinsichtlich dieses Punktes zu prüfen.

Bei *Carinella inexpectata*, welche unzweifelhaft zu derselben Gattung gehört (wenn auch in der Form des Kopfes und der Anordnung der Kopfgrübchen Annäherung an *Polia* zu erkennen ist), finden wir einen wichtigen Fortschritt darin, dass eine einfache, von der Haut ausgehende, canalartige Einstülpung mitten zwischen die Ganglienzellen eindringt und hier blind endigt.

Bei den Gattungen *Valencinia* und *Polia*, welche *Carinella* noch am nächsten stehen, ist aber das Central-Nervensystem schon in die Körpermuskulatur hineingewandert. Zugleich ist die rothe Farbe des Gehirns eine intensivere geworden, und findet sich, anstatt einer einfachen, rinnenförmigen Einsenkung in der Haut, wie bei *Carinella annulata*, oder eines kurzen Canälchens, wie bei *C. inexpectata*, ein mit in die Tiefen der Muskulatur vordringender Canal, welcher sich, wie wir gesehen haben, in das Gehirn selbst fortsetzt. Zugleich weist das Vorhandensein bestimmter, mit der dritten Gehirnanschwellung verwachsender Zellenhaufen darauf hin, dass in frühen Larvenstadien eine Darmausstülpung mit dem Gehirne in Verbindung tritt; jedoch verlangt diese Voraussetzung, welche sich auf Analogie mit anderen Arten gründet, Bestätigung durch directe Beobachtung der Entwickelung dieser, noch nicht darauf hin untersuchten Gattungen. Auch jetzt schon lässt sich aber das Verhalten bei diesen beiden Gattungen, bei denen auch die dritte Gehirnanschwellung noch in primitiver Gestaltung und in engem Zusammenhange mit dem übrigen Gehirne verharrt, ohne Zwang von dem bei *Carinella* gegebenen ableiten. Die Abtrennung des Nervensystems vom Ectoderm und dessen Einlagerung in die Körpermusculatur muss zum Theil als die Motivirung der eben beschriebenen Modificationen aufgefasst werden.

Ausgehend von diesen beiden Gattungen scheinen sich nun einerseits die Schizonemertinen, andererseits die Hoplonemertinen entwickelt zu haben. Indem sich bei den Schizonemertini die dritte Gehirnanschwellung schärfer gegen die beiden anderen abhebt, als dies bei *Valencinia* der Fall war, hat sich auch die einfache, äussere Oeffnung von *Valencinia* in dieser Unterordnung zu den

langen und tiefen Kopfspalten erweitert, in dessen Grunde sich der Flimmercanal, welcher in die Ganglien durchdringt, jetzt öffnet, anstatt direct nach aussen zu münden. In dieser bedeutenden Erweiterung der Einströmungsöffnung, sowie in der Auskleidung der Innenfläche dieser Kopfspalten mit dichtgedrängten, langen Cilien, dürfen wir gewiss eine Anpassung an die in dieser Unterordnung um so viel energischer gewordene Nervenrespiration erblicken, wie sich diese auch in dem viel bedeutenderen Haemoglobingehalte des Nervengewebes kund giebt. Es wurde oben schon darauf hingewiesen, dass diese Kopfspalten auch noch auf anderem Wege dem erhöhten Respirationsbedürfnisse zu Gute kommen, indem nämlich in Folge der Tiefe dieser bis an das Gehirn eindringenden Spalten, bei vielen Arten das Seewasser bis hart an die äussere Oberfläche des ganzen haemoglobinhaltenden Gehirnes geführt wird.

In anderer Richtung ist die weitere Entwickelung der dritten Gehirnanschwellung bei den HOPLONEMERTINI vor sich gegangen und zwar hat dabei eine *Polia* ähnliche Form wahrscheinlich als Ausgangspunkt gedient. Finden wir doch in der Gestaltung der Quergruben und deren senkrechten Seitenrinnen, welche auf der Kopfhaut mit der äusseren Oeffnung des Flimmercanals in Verbindung treten, eine sehr grosse Uebereinstimmung, welche sich auch in Zahl und Gestaltung der Augen u. s. w. geltend macht. Es hat sich jedoch bei allen mir bekannten Hoplonemertinen die dritte Gehirnanschwellung von der oberen ganz abgelöst und ist mit dieser bloss noch vermittelst Commissuren verbunden. In dieser Hinsicht ist diese Unterordnung also noch um einen Schritt weiter gekommen als die Schizonemertinen; damit geht nun auch, wie schon erwähnt, eine grössere Veränderlichkeit in der relativen Lagerung dieser Bildung zum Gehirne Hand in Hand. Zusammen mit der flimmerender Hauteinstülpung und dem grosszelligem Polster (welch Letzteres bisjetzt jedoch ungenügend erkannt wurde) bildet sie jetzt das typische Seitenorgan der älteren Autoren, bei deren Untersuchungen wohl hauptsächlich Hoplonemertinen vorgelegen haben. Da der Haemoglobingehalt des Nervengewebes bei dieser Unterordnung sicherlich schwächer ist als bei den Schizonemertinen, andererseits der Circulationsapparat sich vervollständigt hat und auch die circulirende Flüssigkeit sehr zahlreiche haemoglobinhaltige, rothe Blutkörperchen führt, so entsteht die Frage, ob auch hier diese Bildungen in gleich energischer Weise im Dienste einer respiratorischen Thätigkeit des Nervengewebes stehen; ob sie hier vielleicht in einer langsamen, regressiven Metamorphose begriffen sind (ein Vermuthen, zu der das Verhalten verschiedener *Tetrastemma*-arten und vielleicht auch der *Amphiporus hastatus* Anhaltepunkte giebt), oder endlich ob unter allmähligem Verluste ihrer respiratorischen Bedeutung sie sich vielleicht bei einigen Formen allmählig einer veränderten Leistung anpassen.

Auf die Lösung dieser Fragen muss hier vorläufig verzichtet werden, nur glauben wir jedenfalls *die* Thatsache festgestellt zu haben, dass die am weitesten differenzirte Form der sogenannten Seitenorgane (z. B. bei *Nemertes antonina*, *Amphiporus lactifloreus*) im morphologischen Sinne gleichwerthig ist mit der hinteren, respiratorischen Zwecken dienenden Gehirnanschwellung nebst Zellenpolster und Flimmercanal einer *Polia* und *Cerebratulus*. Immerhin muss eine eventuelle sensorische Thätigkeit der „Seitenorgane" schon deswegen angezweifelt werden, weil est bisjetzt noch nicht gelungen ist, irgend ein specifisches Sinnesepithel nachzuweisen.

Dass bei den sehr bedeutenden Modificationen, welchen diese Bildungen in den verschiedenen Gattungen und Unterordnungen unterliegen, auch die Lebensverhältnisse der Thiere eine nicht unbedeutende Rolle spielen, wird Niemanden verwundern. Finden wir doch, dass die meisten Schizonemertinen (bei denen wir die Athmung des Nervengewebes am energischsten gefunden und zugleich die Färbung dieses Gewebes am tiefsten) sich im Schlamme des Meeresbodens einwühlen und inmitten animalischer und vegetabilischer Ueberreste vorzugsweise ihren Aufenthalt suchen. In beiden Fällen ist Sauerstoff nicht so leicht zu schaffen und wird eine Vorrichtung, durch welche dieser herangezogen und auf längere Zeit aufbewahrt werden kann, den Thieren von grossen Nutzen sein. Wenn diese Vorrichtung — das Haemoglobin — nun zu gleicher Zeit in dem Nervengewebe seinen Sitz hat, so ist damit der doppelte Vortheil geboten, dass der Sauerstoff unmittelbar da Verwendung findet, wo er auch am meisten zu leisten hat, d. h. im Centralapparate des Nervensystems. Sehr erwähnenswerth ist daneben die Beobachtung, dass die grosse Mehrzahl der Hoplonemertinen, bei denen der Haemoglobingehalt des Nervengewebes ein geringerer geworden, nicht mehr im Schlamme, sondern inmitten von Algen und Korallenstöcken gefunden wird, wo der Sauerstoffgehalt des Seewassers im Gegentheil als grösser betrachtet werden muss. Dazu kommt noch, dass auch das haemoglobinführende Blut hier zum Theil die Rolle wieder auf sich genommen haben mag, zu dem sich bei den vorigen das Nervengewebe selbst emporgeschwungen hat.

III.

Die Thatsachen, welche wir im Vorhergehenden für das Nervensystem der Nemertinen kennen gelernt haben, führen uns zu einigen allgemeinen Gesichts-

punkten, welche anzudeuten ich hier nicht unterlassen will. Zunächst haben wir gesehen, dass sich bei diesen Thieren der Centralapparat des Nervensystems durch die ganze Länge des Körpers erstreckt. Der centrale Character dieses Abschnittes des Nervensystems wird bedingt durch die ununterbrochene Belegschicht von Ganglienzellen, welche sich vermittelst feiner Ausläufer mit der centralen Nervenfasersubstanz in Verbindung setzen. Vorn im Kopfe zeigt dieser Centralapparat paarige, über dem vorderen Darmabschnitte gelegene Anschwellungen, welche das Gehirn bilden und von denen starke Nervenstämme entspringen, welche sich zu den Augen, dem Rüssel und der Oesophagealwandung begeben. Die weiteren Fortsetzungen des Centralapparates, die Nervenmarkstämme, liegen bei ihrem nach hinten gerichteten Verlaufe entweder seitlich oder mehr nach der ventralen oder endlich mehr nach der dorsalen Seite gerückt und sind bei mehreren Gattungen durch eine terminale Quercommissur, welche *über* den Anus hinweg verläuft, verbunden.

Somit liegen Gehirn und hinteres Commissurensystem bei diesen Thieren dorsal über dem Darme; selbst da wo die Nervenmarkstämme sich ventral einander genähert haben existirt diese dorsale Verbindung derselben, während eine ventrale allenthalben bei den untersuchten Nemertinen fehlt. Die morphologische Bedeutung dieses Befundes, welche meiner Ansicht nach eine sehr weit greifende ist, tritt noch schärfer hervor, wenn man dabei ins Auge fasst, dass diese Wurmgruppe in verschiedener Hinsicht als ein recht primitiver und alter Typus gekennzeichnet ist. Solches beweist die wechselnde Lagerung des Centralnervensystems mit Bezug auf die Körpermuskulatur einerseits, auf die Körperaxe andrerseits. Für Ersteres werden die Extreme gebildet von *Carinella*, bei der das Centralnervensystem ganz ausserhalb, und von *Amphiporus* und *Drepanophorus*, bei der es ganz innerhalb des Hautmuskelschlauches liegt; für Letzteres von *Drepanophorus* und *Oerstedia*, bei der die Nervenmarkstämme sich an der Bauchseite mehr der Medianlinie genähert haben, und von *Langia*, bei der solches an der Rückenseite geschehen ist. Ohne irgendwie behaupten zu wollen, dass nun auch die letzterwähnte Gattung eine Annäherung zum Vertebraten-Typus repräsentire, während die beiden anderen directere Anknüpfungspunkte an den der Anneliden und Arthropoden darböten, muss hier doch betont werden, dass diese Wechselbeziehungen auf einen indifferenteren, primitiveren, mehr plastischen Zustand hindeuten. Beachtet man dabei noch, dass bei allen Arten dieser Ordnung — vielleicht mit Ausnahme der in mehreren Hinsichten primitivsten Gattung *Carinella* — eine deutlich ausgesprochene, innere Segmentirung vorhanden ist, wie das in einer früheren Arbeit (VII) angedeutet wurde, in einer späteren noch näher begründet werden soll, so dürfte man darin eine weitere Veranlassung finden, die Thiere dieser Wurmgruppe als

eine für die Begründung der Verwandschaften der gegliederten Thiere äusserst wichtige Mittelform zu betrachten. Die Nemertinen ständen somit jenen Würmern noch am nächsten, aus denen einerseits die Anneliden, andrerseits die niederen Vertebraten ihren Ursprung genommen. Es dürfte demnach dem Verhalten des Nervensystems der Nemertinen eine nicht untergeordnete Bedeutung für den Streit über die directe Stammesverwandschaft zwischen Anneliden und Wirbelthieren zuzuschreiben sein. Einerseits zeigt uns das Nervensystem der Nemertinen in seinem histologischen Baue mannigfache Uebereinstimmungen mit dem Bauchmarke der Anneliden, Uebereinstimmungen zu denen bei den Nemertinengattungen mit ventralwärts gerückten Nervenmarkstämmen noch diejenige der Lage kommt, während hingegen ein fundamentaler Unterschied gegeben ist in der Ausbildung eines — den Anneliden vollkommen abgehenden — dorsalen und dem Mangel jedes ventralen Commissurensystemes, welches sich hochentwickelt bei Anneliden findet. Andrerseits drückt sich, wie schon oben betont wurde, eben in der Entwickelung dorsaler und in dem Fehlen ventraler Commissuren bei Nemertinen eine gewisse Aehnlichkeit der Lage mit dem centralen Nervensysteme der Vertebraten aus, wobei natürlicherweise innigere Homologieen zwischen beiden nicht behauptet werden sollen. Wir sehen also die Längsstämme des Centralnervensystems bald mehr dorsal (die Gattung *Langia* unter den Nemertinen; Vertebraten) bald mehr ventral (einige Nemertinen, Anneliden) verlaufen, wobei durch die Nemertinen mit lateral gelegenen Nervenmarkstämmen das vermittelnde Glied gebildet wird; wir erblicken aber zugleich einen scharfen Gegensatz in der Verbindung der paarigen Antheile des centralen Nervensystems, indem dieselbe bei der Einen Gruppe (Nemertinen, Vertebraten) durch dorsale, bei der anderen Gruppe (Anneliden) durch ventrale Commissuren vermittelt wird. Es scheint mir, dass diese Befunde sich wohl mit der älteren, die durchgehende Homologie von Rücken und Bauch betonenden Theorie vereinigen lassen, aber keineswegs zu Gunsten der neuerdings wieder renovirten Umkehrungshypothese Geoffroy St. Hilaire's sprechen.

Secundäre Anknüpfungspunkte, welche an Bedeutung jedoch weit hinter dem bezüglich des Nervensystems festgestellten Befunde zurückbleiben, sind zwischen dem Vertebraten- und dem Nemertinentypus noch wohl mehrere aufzufinden. So z. B. das Verhalten des N. vagus, der Bau der Augen bei höheren Nemertinen, die Anwesenheit rother scheibenförmiger Blutkörperchen u. s. w.

Ich verzichte hier auf eine weitere Ausführung dieser Punkte und möchte zum Schlusse nur betonen, dass sich auf diesem Felde nach allen Seiten hin Fragen aufthun, die einer eingehenden Prüfung bedürfen und die für weitere Untersuchungen wohl dankenswerthe Resultate versprechen.

VERZEICHNISS DER CITIRTEN LITERATUR.

I. J. Barrois, Recherches sur l'Embryologie des Nemertes. *Annales des Sciences Naturelles.* Vol. VI. Série 6. 1877.

II. P. J. van Beneden, Recherches sur la faune littorale de Belgique. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Belgique.* 1860.

III. O. Bütschli, Einige Bemerkungen zur Metamorphose des Pilidium. *Archiv für Naturgeschichte.* 1873. p. 276. Taf. XII.

IV. C. Gegenbaur, Grundzüge der vergleichenden Anatomie. 1870.

V. H. Goodsir, Description of some gigantic forms of invertebrate Animals. *Annals of Natural History.* Bd. XV. 1845.

VI. L. Graff, Geonemertes chalicophora, eine neue Landnemertine. *Morphologisches Jahrbuch.* Bd. V. S. 430.

VII. A. A. W. Hubrecht, Untersuchungen über Nemertinen aus dem Golf von Neapel. *Niederländisches Archiv für Zoologie.* Bd. II. S. 99.

VIII. A. A. W. Hubrecht, Some remarks about the minute anatomy of Mediterranean Nemerteans. *Quarterly Journal of microscopical Science.* Vol. XV, p. 249.

IX. A. A. W. Hubrecht, The genera of European Nemerteans critically revised, with description of several new species. *Notes from the Leyden Museum.* Vol. I. 1879. p. 193.

X. E. Huschke, Beschreibung eines neuen, in Sicilien gefundenen Meerwurms. *Isis.* 1830. p. 681.

XI. W. Keferstein, Untersuchungen über niedere Seethiere. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* XII. 1863.

XII. J. von Kennel, Beiträge zur Kenntniss der Nemertinen. *Arbeiten aus dem zoologisch-zootomischen Institut zu Würzburg.*

XIII. A. Lang, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie und Histologie des Nervensystems der Plathelminthen. *Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel.* Bd. I. S. 459

XIV. E. Ray Lankester, A contribution to the knowledge of haemoglobin. *Proceedings of the Royal Society.* N°. 140. 1873.

XV. R. Leuckart und A. Pagenstecher, Untersuchungen über niedere Seethiere. Müller's *Archiv für Anatomie.* 1858.

XVI. W. C. Mac Intosh, A Monograph of the British Annelids. A. Nemerteans. *Ray Society Publications.* 1873 u. 1874.

XVII. W. C. Mac Intosh, On Amphiporus spectabilis. *Quarterly journal for Microscopical Science.* XV. p. 273.

XVIII. W. C. Mac Intosh, On the central nervous system, the cephalic sacs and other points in the anatomy of the Lineidae. *Journal of Anatomy and Physiology* Vol. X, p. 231.

XIX. A. F. Marion, Recherches sur les animaux inférieurs du golfe de Marseille. *Annales des Sciences naturelles.* 1873, T. XVII.

XX. E. Metschnikoff, Studien über die Entwickelung der Echinodermen und Nemertinen. *Mémoires de l'Académie impériale de St. Pétersbourg.* XIV. 1869.

XXI. E. Metschnikoff, Untersuchungen über die Metamorphose einiger Seethiere. I. Ueber Tornaria. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* XX. 1870.

XXII. H. N. Moseley, On Pelagonemertes Rollestoni. *Annals and Magazine of Natural History.* XV. 1875.

XXIII. H. N. Moseley, On a young specimen of Pelagonemertes Rollestoni. *Annals and Magazine of Natural History.* XVI. 1875.

XXIV. A. S. Oersted, Entwurf einer systematischen und speciellen Beschreibung der Plattwürmer. Copenhagen 1844.

XXV. A. de Quatrefages, Mémoire sur la famille des Némertiens. *Annales des Sciences Naturelles* (3). VII. 1846.

XXVI. H. Rathke, Beiträge zur Fauna Norwegens etc. *Acta Academ. Caes. Leopold.* XXX. 1843.

XXVII. L. Schmarda, Neue Turbellarien etc. beobachtet und gesammelt auf einer Reise um die Erde. Leipzig 1859.

XXVIII. C. Semper, Die Verwandschaftsbeziehungen der gegliederten Thiere. *Arbeiten aus dem zoologisch-zootomischen Institut zu Würzburg.* Bd. III.

XXIX. M. Ussow, Ueber den Bau der sogenannten augenähnlichen Flecken einiger Knochenfische. *Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou.* 1879. N°. 1.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

TAFEL I.

Fig. 1. (Schematisch). Gehirn und vorderer Abschnitt der Nervenmarkstämme eines *Cerebratulus*.

Die centrale Fasermasse ist mit Gelb, der ganglienzellige Beleg mit Roth angegeben. Rechts ist die obere Anschwellung (O) welche (von *t* an) nach vorne zu mit der unteren (U) zusammenhängt, weggenommen gedacht. Die beiderseitigen Gehirnhälften sind vorn durch die dicke, ventrale und die dünne, dorsale Commissur verbunden. Aus Letzterer entspringt der Rüsselscheide-Nerv *rs*.

H. Hintere oder dritte Gehirnanschwellung.
N. Nervenmarkstämme.
V. Vagus.
R. Rüsselnerv.
S. Nerven, welche zu der Kopfspitze, den Augen (wenn vorhanden) und der Muskulatur der Seitenspalten gehen.

Fig. 2. (Mit der Camera gezeichnet). Horizontaler Schnitt durch den Kopf von *Carinella polymorpha*. Vergl. Fig. 21 u. 31.

Ht. Haut.
u. Bindegewebige Basilarmembran.
N. Nervenmarkstämme unmittelbar unter der Haut, jedoch ausserhalb der Körpermuskulatur M gelegen.
H. H. Linke und rechte Gehirnhälfte, hier bloss als Anschwellungen der Nervenmarkstämme charakterisirt, mit innerem Faserkern und äusserem Ganglienzellenbeleg. Jede Gehirnhälfte wird von vereinzelten, radiär verlaufenden Muskelfasern durchzogen.
Rs. Muskulöse Wand der Rüsselscheide.
Rw. Muskelwandung des Rüssels selbst, vorn in der Wandung der Rüsselscheide rings herum angeheftet.
Rn. Rüsselnerven, welche an der Anheftungsstelle in den Rüssel eintreten und deren directer Zusammenhang mit dem Gehirne sich in folgenden Schnitten nachweisen lässt.

F. Stark flimmernder, vorderer Abschnitt der Rüsselscheide.
U. Innere, zellige Schichten des Rüssels mit Nesselelementen.
g. Durchschnittene Faserzüge, zur näheren Befestigung der Rüsselscheide dienend.

Fig. 3. (Mit der Camera gezeichnet). Querschnitt durch das äusserste Schwanzende von *Amphiporus pulcher*.
H. Haut mit
B. Basalmembran.
M. Längs- und Ring-muskelschichten.
D. Enddarm.
N. Nervencommissur, welche über den Enddarm hinweg die beiderseitigen Nervenmarkstämme verbindet. Der Schnitt ist nicht ganz senkrecht, sondern etwas schief auf die Körperaxe ausgefallen.

Fig, 4, 5, 6 u. 7. (Mit der Camera gezeichnet). Vier aufeinander folgende Schnitte, senkrecht und longitudinal durch das hintere Körperende von *Amphiporus hastatus* geführt.
H. Haut.
M. Muskelschichten.
D. Höhlung des Darmes (mit Afteröffnung in 5 u. 6).
B. Blutgefäss.
N. Nervenmarkstamm.
Letzterer ist in 4 und 7 noch mit dem Beleg von Ganglienzellen versehen, während in 5 u. 6 nur noch die senkrecht durchschnittenen Nervenfasern vorhanden sind. Diese Commissur liegt wie das Blutgefäss *über* dem Darmcanal.

TAFEL II.

(Alle Figuren schematisch).

Fig. 8—20. Die verschiedenen Grade der Ausbildung von oberer (o), unterer (u) und hinterer (h) Gehirnanschwellung bei den verschiedenen Nemertinen-Gattungen.

15.	Seitliche Ansicht des Gehirnes von		*Carinella*	Palaeonemertini.
8. Obere 16. Seitliche	Ansicht des	»	» *Polia*	Palaeonemertini.
9. Obere	»	»	» *Valencinia*	Palaeonemertini.
10. Obere 17. Seitliche	»	»	» *Cerebratulus.*	Schizonemertini.

11.	Obere	Ansicht des Gehirnes von *Amphiporus pulcher*	Hoplonemertini.
12. 18.	Obere Seitliche	» » » » *Drepanophorus*	
13. 19.	Obere Seitliche	» » » » *Amphiporus dubius*	
14.	Obere	» » » » » *lactifloreus*	
20.	Seitliche	» » » » *Nemertes antonina*	

Fig. 21—25. Verschiedene Stadien der Ausbildung des respiratorischen Flimmercanales und des grosszelligen Polsters, welche mit der hinteren Gehirnanschwellung zu einem einheitlichen Ganzen verschmolzen sind Die Ganglienzellen sind mit Roth, das grosszellige Polster ist mit Blau angegeben. Letzteres fehlt in Fig. 21 u. 22, wo ausserdem die Nervenfasersubstanz des Gehirnes nicht (wie bei den drei anderen) allenthalben von Ganglienzellen umlagert ist:

21. *Carinella annulata.*
22. » *inexpectata.*
23. *Polia curta*
24. *Cerebratulus roseus.*
25. *Drepanophorus.*

Der Flimmercanal ist weiss gelassen: er fehlt in 21, dringt in 22 bloss in die äussere, zellige Schicht des Gehirnes, erleidet in 23 eine Doppelbiegung und eindigt hier mit einer blinden Erweiterung In 25 öffnet sich in ihn eine zweite Höhle, welche in dem mit Blau angegebenen Zellenpolster vorhanden ist. Dieser zweite Canal-Abschnitt ist auch in 24 vorhanden, scheint aber nicht bei allen Arten der Gattung *Cerebratulus* vorzukommen.

Fig. 26—30. Die verschiedenen Lagerungsbeziehungen der Nervenmarkstämme bei den Gattungen:

26. *Carinella.*
27. *Cerebratulus.*
28. *Langia.*
29. *Amphiporus.*
30. *Drepanophorus.*

Die Hautschichten sind in diesen Querschnitten weiss gelassen, die Körpermuskulatur ist mit Blau und die Nervenmarkstämme sind mit Violet angegeben.

TAFEL III.

(Alle Figuren mit der Camera gezeichnet).

Fig. 31. Querschnitt durch das Gehirn von *Carinella inexpectata* (vergl. Fig. 22 u. Fig. 2), in der Höhe der ventralen Commissur *C* und der Anheftung des Rüssels *R* im Kopfe.

G. und G'. Linke und rechte Gehirnhälfte. (Der Schnitt ist etwas schräg zur Körperaxe ausgefallen, und dadurch G' mehr nach der Kopfspitze zu getroffen wie G). Innerlich spongiöse Nervenfasersubstanz, äusserlich Ganglienzellen, durch eine Scheide von Ersterem getrennt gehalten, und bei *f* den eintretenden Flimmercanal umschliessend.

z. Faserzüge durch das Gehirn.

rn. Dorsomedianer Rüsselscheidennerv.

n. Nerv von der ventralen Commissur in den Rüssel eintretend (nur der rechte ist in diesem Schnitte getroffen).

H. Haut.

b. deren Basalmembran.

M. Kopfmuskulatur, vorwiegend longitudinal verlaufend.

r. Rüsselscheide.

Fig. 32. Querschnitt durch den hinteren Gehirnabschnitt und Nervenmarkstamm von *Polia curta* (vergl. Fig. 23).

L. Längsmuskelschicht mit eingebetteten, protoplasmareichen Zellen (Mutterzellen eines hier stark entwickelten, parenchymatösen, intramuskulären Bindegewebes?)

Q. Ringmuskelschicht, auf welche nach Innen zu noch eine dünne Schicht longitudinaler Muskelfasern folgt.

R. Rüsselscheide, aus zwei Muskelschichten aufgebaut, mit innerer Zellenbekleidung und mit dem Rückengefäss in ihrer ventralen Wandung.

H. Hintere Gehirnanschwellung mit *p*, dem Polster grosser Zellen, *g*, den die Hauptmasse dieses Abschnittes, sowie des übrigen Gehirnes bildenden Ganglienzellen, *f*, dem nach aussen führenden Flimmercanal, und *b*, dem blinden Ende dieses Canals, welches von einer Kuppe etwas modificirter Ganglienzellen umlagert ist.

O. Zellen, welche zu der Wandung des Oesophagus gehören.

N. Nervenmarkstamm.

V. N. Vagus.

c. Kerne führendes, fasriges Bindegewebe, zwischen Gehirn, Rüsselscheide und Darm ausgespannt.

Fig. 33 u. 34. Zwei Querschnitte durch den hinteren Gehirnabschnitt eines *Cerebratulus roseus* (Fig. 33 liegt 3 bis 4 Schnitte mehr nach vorn wie Fig. 34; vergl. Fig. 24).

G. Ganglienzellen.
O. Polster grosser Zellen mit wasserklarem Inhalt.
H. Flimmercanal, an einer fasrigen, diesen Gehirnabschnitt quer durchsetzenden Platte aufgehängt.

Der Nervenfaserstamm, welche in Fig. 1 abgebildet ist und vom vorderen, oberen in den hinteren Gehirnabschnitt durchdringt, hat sich bei dieser Art später noch einmal dichotomisch getheilt und ist daher in Fig. 33 zwei Mal inmitten der Ganglienzellen getroffen. Der Flimmercanal *H* theilt sich in Fig. 33 in einen aussen herumziehenden Schenkel und einen zweiten, welche in die Ganglienmasse durchdringt (Fig. 34). Diese Gabelung kommt auch bei den Hoplonemertinen vor (Fig. 23 u. 24); scheint aber nicht bei allen *Cerebratuli* vorhanden.

Fig. 35 und 36. Quer- und Längs-Schnitt durch den dritten Gehirnabschnitt von *Drepanophorus rubrostriatus* (vergl. Fig. 25).

H. Haut.
M. Körpermuskulatur.
R. Rüsselscheide.
D. Darmwandung
A. Obere
B. Untere
C. Hintere
} Gehirnanschwellung; in Folge der Conservirung liegt in Fig. 35 *C* neben *A*, während er beim lebenden Thiere hinter *A* gelagert ist.
c und c'. Commissuren zwischen dem hinteren und dem oberen Gehirnabschnitt.
c. der von aussen eindringende, mit einem Wimperepithel bekleidete Flimmercanal, in der sich die Höhle öffnet, welche sich in
O. dem grosszelligen Polster befindet.
Körneranhäufungen kommen ab und zu in Letzterem vor.

TAFEL IV.

(ALLE FIGUREN MIT DER CAMERA GEZEICHNET).

Fig. 37. Querschnitt durch den *ausgestülpten* Rüssel von *Cerebratulus urticans*.
R. Innere Höhlung des Rüssels, in welcher sich der noch auszustülpende Abschnitt auf- und ab bewegt. Ausserdem ist sie von der Rüsselscheidenflüssigkeit gefüllt.
a. Innere, aponeurotische Membran, an welche sich die Kreuzungsbündel *m*, der äusseren Ringmusselschicht *cm* anheften.
l. Längsmuskelschicht.
N N. Rüsselnerven.

U, u, Aeussere, die Nesselorgane enthaltende Schicht, mit zwei grösseren und vier kleineren, longitudinalen Erhebungen. Die längeren Nesselstäbe sind nur bei U vorhanden.

Fig. 38. Querschnitt durch den *eingestülpten* Rüssel von *Carinella annulata*.
R, a, l, wie in Fig. 37.
m. Ringmuskelschicht (ohne kreuzende Bündel).
N, N. Rüsselnerven.
U. Zellige Schicht mit Nesselorganen.

Fig. 39. Längsschnitt durch den vorderen Abschnitt des Rüssels von *Drepanophorus serraticollis*.
i R. Innere Ringmuskelschicht, welche sich hier, in Folge der Ausstülpung des Rüssels, in Falten gelegt hat.
i L. Innere } Längsmuskelschicht.
a L. Aeussere }
a R. Aeussere Ringmuskelschicht, welche wieder in regelmässige, ringförmige Abschnitte zerfällt.
N. Durchschnittener Nervenlängsstamm, welche nur in der unteren Hälfte des Schnittes sichtbar ist; oben sind die Verbindungsstränge N′ getroffen, die an Zahl mit den Muskelringen a R übereinstimmen. Feine Nervenästchen mit eigener Umhüllung durchsetzen die Muskelschichten sowie
B. die bindegewebige Basalmembran und begeben sich zu
P. der äusseren Papillenschicht.

Fig. 40. Querschnitt durch denselben Rüssel des Fig. 39.
i R. Innere } Ringmuskelschicht.
a R. Aeussere }
i L. Innere Längsmuskelschicht, durch
N N′. Die Nervenschicht von
a L. der äusseren Längsmuskelschicht getrennt.
Die beiden Längsmuskelschichten werden durch Bindegewebszüge in Pakete abgetrennt, zwischen denen feine Nervenästchen zu der Basalmembran B und den Papillen P durchdringen. Bei N ist ein Hauptnervenstamm, bei N′ einer der diese verbindenden Gewebszüge getroffen. Das zu dieser Schicht gehörende Bindegewebe enthält zahlreiche und grosse Kerne.
Vergrösserung 45-fach.

Fig. 41. Senkrechter Querschnitt durch die Oesophagealgegend von *Cerebratulus roseus*. Die Haut, sowie der grössere Theil der äusseren Längsmuskelschicht L′, sind nicht angegeben.

O. Lumen des Oesophagus mit
Z. Falten in der Schleimhaut.
R. Rüsselscheide mit
B. Dorsales Blutgefäss.
L. Dünne, innere Längsmuskelschicht.
Q. Ringmuskelschicht.
L'. Aeussere Längsmuskeln.
N. Linker Nervenmarkstamm mit centralem Faserkerne und oberem und unterem Ganglienzellenbeleg, von der Fasersubstanz durch eine hyaline Hülle getrennt.
m. Medianer, dorsaler Rüsselscheidennerv.

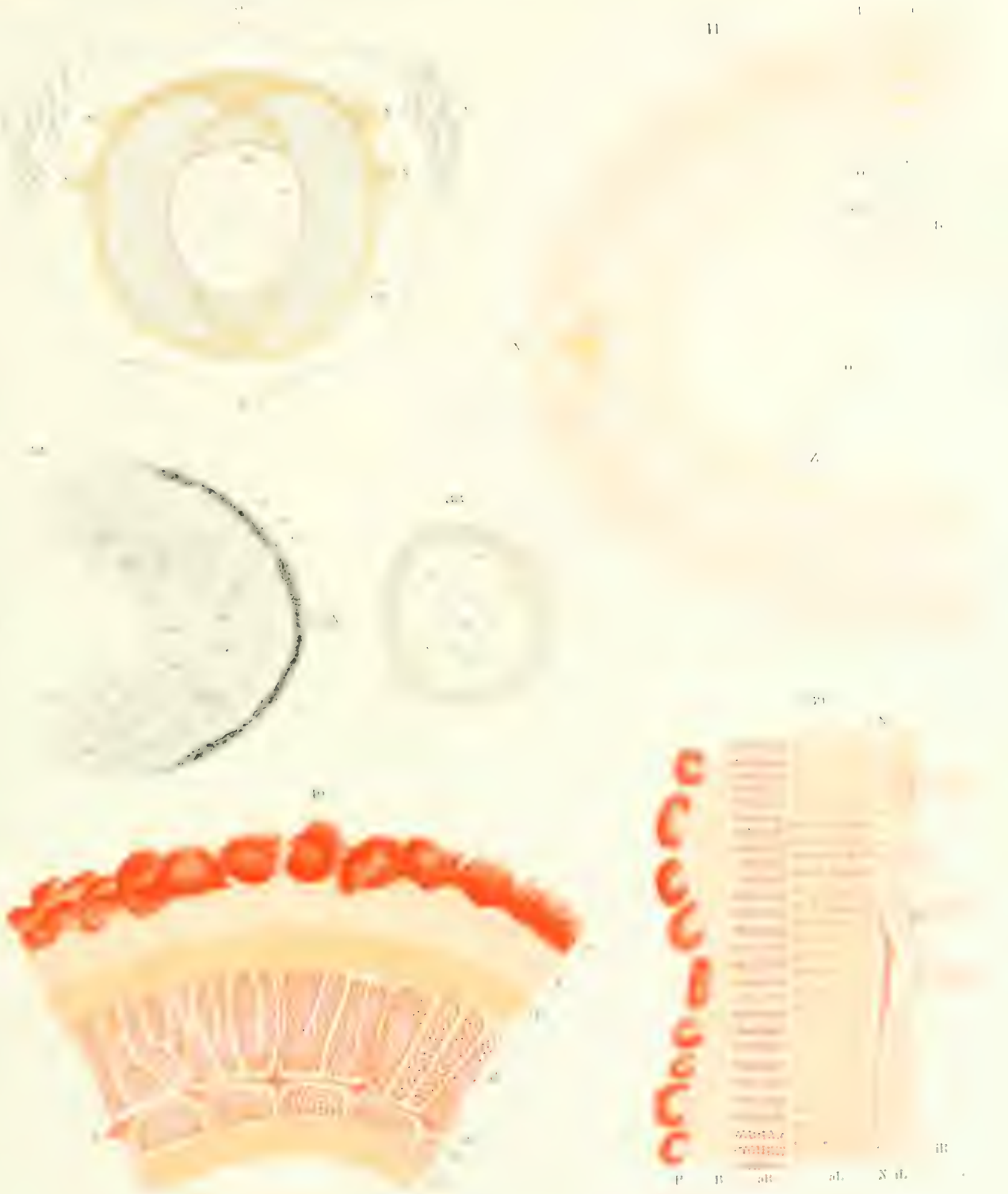
Die äussere Längsmuskelschicht finde ich bei diesem Thiere, sowie bei anderen darauf untersuchten Schizonemertinen, von der Ringmuskelschicht durch einen homogenen Zwischenraum getrennt. Zunächst treten hier in radiärer Richtung zahlreiche, bindegewebige Faserzüge — welche auch in den Muskelschichten vorhanden sind — hindurch, zweitens aber befindet sich hier eine flaches Zellenlager, welches den ganzen Körper rings herum umgiebt. Es ergiebt sich bei der Untersuchung mit starker Vergrösserung, dass dieses Lager aus aneinander stossenden, multipolairen Zellen mit deutlichen Kernen aufgebaut wird; dass diese Zellen gegen die Nervenmarkstämme zu dichter gedrängt stehen und dass sie, einerseits ohne irgendwelche Abgrenzung in die ganglienzellige Bekleidung der Nervenmarkstämme übergehen, andrerseits äusserst zahlreiche Ausläufer, sowohl in die longitudinale, wie in die Ringmuskelschicht des Körpers abgeben. Auch der äussere Habitus dieser Zellen, sowie ihr Verhalten gegen Tinctionsmittel stimmt mit denen der Ganglienzellen überein. Da es mir bisjetzt noch nicht gelungen ist peripherische Nervenstämmchen aufzufinden, welche sich von den seitlichen Nervenmarkstämmen abzweigen, und die Innervirung des auf äusseren Reize doch so stark reagirenden Hautmuskelschlauches auf anderem Wege zu demonstriren, so glaube ich, nachdem mir während der Correctur dieser Bogen neue Preparate zu Gesicht gekommen sind, meine auf S. 25 gegebene Darstellung in dem Sinne vervollständigen zu müssen, dass ich dieses Zellenlager als eine bestimmte »Nervenschicht" deute, über deren genauere, histologische Beschaffenheit und morphologische Bedeutung ich mir vorbehalte binnen Kurzem Ausführlicheres zu veröffentlichen.

Fig. 42. Senkrechter Schnitt durch das Auge von *Drepanophorus rubrostriatus*.
L. Linsenartiger Abschnitt.
G. Grosszellige, mit einem Glaskörper zu vergleichende Region.
S. Stäbchenschicht (gestreift im Durchschnitt, punktirt in der Flächenansicht).
P. Pigmentschicht.
C. Aeussere Hülle des Auges.
N. Nerv.

Das Vorragen der Zellen von G in L ist wohl nicht normal; beim lebenden Thiere werden vorderer und hinterer Abschnitt durch eine senkrechte Ebene getrennt; was sich auch in anderen Querschnitten bewahrheitet findet.

Vergrösserung 620-fach.

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



VERSLAG

AAN ZIJNE EXCELLENTIE DEN MINISTER VAN KOLONIËN

OVER EENE

MAGNETISCHE OPNEMING VAN DEN INDISCHEN ARCHIPEL,

IN DE JAREN 1874—1877 GEDAAN.

DOOR

Dr. VAN RIJCKEVORSEL.

REPORT

TO HIS EXCELLENCY THE MINISTER FOR THE COLONIES

ON A

MAGNETIC SURVEY OF THE INDIAN ARCHIPELAGO,

MADE IN THE YEARS 1874—1877.

BY

Dr. VAN RIJCKEVORSEL.

PART THE THIRD.

DECLINATION AND CONCLUSION

OBSERVATION OF THE SUN'S AZIMUTH.

The observation of the declination is certainly the most troublesome of the three branches of a magnetic survey.

It is evident, that, while travelling, the observation consists of two quite distinct parts; the one with a view to ascertain the magnet's position, the other to find astronomically the true geographic North. The difference between these

two readings on the azimuth-circle of the instrument, — which is placed in any position in the plane of the horizon, — gives directly the magnetic declination for the moment of the observation.

The first manipulation, as made with the collimation-magnet, offers not the slighted difficulty; and by multiplying the number of single readings, almost any degree of precision may be easily attained.

The second object, the determination of the sun's azimuth, has been, since the introduction of the unifilar magnetometer, a constant source of trouble and uncertainty; and my instrument, as already hinted, was not even one of the best adapted for the purpose. The immense advantage of the unifilar as it is, consists in the contrivances which admit of the telescope being left untouched in its horizontal position for the two distinct parts of the observation. For the magnetic declination the magnet itself being a collimator, makes it possible to read its scale through the telescope, adjusted as it is for parallel rays of light. By this arrangement, the sun may be observed by the telescope while in the same horizontal position, by means of a mirror which reflects its image on the lens of the telescope.

Yet, to state the truth, this object cannot be quite attained. The sun is observed through a coloured glass, the declination through a white one; and it certainly is a drawback, that, in order to change the glasses, the telescope must always be touched. This was especially a disadvantage when using the instrument in the way I did.

The mirror is, of course, moveable on a horizontal axis, and the great difficulty is to have an easy and effective way of making the telescope's line of vision always absolutely perpendicular to the horizontal axis of the mirror. Various changes have been made in the unifilar to effect this, but none have yet proved quite satisfactory. I have been the victim of a very unfortunate essay; and as I was never able to make use of the contrivance which my instrument had for the said purpose, in the way it was intended to be employed, it is unnecessary to describe it; especially as improvements have since been introduced. Suffice it to say, that my mirror was placed on a small separate azimuthcircle with two noniuses.

The contrivance I had to adopt, was Sir EDWARD SABINE's old plumbline — a perpendicular line at a certain distance, observed once directly through the telescope, and once reflected by the mirror. The mirror has then to be so adjusted, that in both cases the image of the plumbline corresponds with the central wire of the telescope, without turning the instrument in azimuth (or turning it through 180°). Now, the mirror of my instrument having its own azimuth-circle, I had

to note its position and afterwards, at every observation, to bring it into the same position. But then, the mirror's circle being a small one, the degree of precision so attained, was very much less than that arrived at with the declination itself.

I did all I could to lessen this influence. Great care was taken with the plumbline. The operation was repeated six times, while the whole instrument was always turned through 60° between two determinations. These hardly differed the one from the other, and the mean of all may be to a great extent relied on.

This whole process, in the course of my travels, was repeated four times, and the result being always sensibly the same, no doubt ever occurred to me as to the reliability of this part of the work. But the noniuses of the large circle could be read to 20″, those of the small one to 1′ only. This defect has been, however, to a great extent removed, by taking eight observations of the sun to four readings of declination. The eight sun's azimuths were obtained in the following manner. First the mirror was adjusted in one position, according to the reading for its own nonius A (which reading had been found by the plumbline experiment as explained above) and the telescope's wire was brought into contact with the sun, first on the left side, then on the right, noting at the same time the time by the chronometer, and the position of the instrument by the large circle. This was repeated after having the mirror in the same position, but adjusted after the reading for its nonius B. Then the mirror was reversed, its own circle turned through 180°, and the same operation was again gone through.

For the computation of the determinations, the eight sun's observations were calculated separately, so that the degree of concordance between them afforded a clue to the extent of precision obtained.

It occurred to me, that in this manner errors in the collimation of the mirror might escape unnoticed; which errors, if the instrument could have been employed in the way intended, would have been eliminated by the process of reversing the mirror. To detect the errors, if there were any, I took in Batavia two series of three azimuths (each azimuth being, as always, the mean of a complete set of eight observations; the mirror being adjusted and reversed exactly as I used to have it for an ordinary observation of declination). I took care to direct the instrument in the intervals to a fixed point, viz, an angle of a building, in order to be sure that the whole had not been turned in azimuth. The following is the result.

TABLE I.

SUN'S OBSERVATIONS AT BATAVIA.

Date.	Mean hour of each determination.	True North by the sun's azimuth.	Azimuth of the fixed point.
1876 May 30	$6^h 51^m 28^s$	$245^0 53' 59''$	$265^0 5' 50''$
	7 28 31	55 24	5 30
	8 13 45.5	55 57.5	5 40
June 1	6 50 56	15 2 16	29 15 40
	7 34 7	1 53	16 5
	8 17 36.5	2 17	16 0

These differences are quite within the range of the errors of observation, taking into account that on both days the instrument had indeed been turned a little in azimuth, as the last column shows. Moreover the differences do not lie in the same direction.

Besides, had there been a collimation-error to any great extent, the first and seccond observation on any day would certainly show a difference in one direction. This is by no means the case. The largest difference between the results of both observations on one morning is generally about 1'.5, but not in the same direction. So we may fairly assume the collimation error = 0 and the uncertainty in every sun's azimuth, owing to the imperfection of the method of observation, to be not larger than 1'.5.

Had not this error been so small, the influence would have been nearly eliminated by the method of observing. I always observed the sun at nearly the same altitude, when its first rays (or last rays, in the evening) struck the mirror over my own head. The plumbline observation had been done in the same way, by reflecting that part of the line, which appeared in the mirror exactly above my own image. So any very slight error in collimation which may have originated with the mirror in this respect, was a constant one; and it would undoubtedly be much more trifling, than the uncertainty arising from the fact of the mirror's azimuth circle being so small as it was.

It is only for the period spent in Borneo, that I feel any uncertainty in this respect. In that island, the sun is nearly always clouded over in the early morn-

ing; and once it was not until 9 o' clock that I could get an observation. However, as even this is still nearly within the limits of the special observations at Batavia, my doubts on this point are not very serious.

As it may be supposed that the tripod stand, by a long exposure to the sunshine, might have occasioned some change in azimuth, it is as well to say expressly here that (as the tables will show) the whole observation, either single or double, was always done without any time elapsing between the sun's observation and that of the declination. Any small change in azimuth would, by the way in which the observations were done, have been eliminated, and a great change would have been immediately detected, by a large discrepancy between the declination-readings of the first and of the second series.

Moreover the whole instrument was always, between two consecutive sun's observations, levelled and adjusted afresh; so that, in the long run, errors from this cause, could not have escaped my attention. The only occasions when I detected a change, were when the soil was so soft that the instrument would always be out of level. Such observations are of course, bad ones.

During the last months of my travels, the mirror got rather dim, as any mirror will do in a tropical climate. This caused some difficulty in bringing the wire to touch the sun's limb, which was no longer clearly defined. This can have occasioned hardly any error, but only a somewhat greater discrepancy between the single readings.

As it is, the errors occasioned by all the above mentioned circumstances, were happily not large; but a more perfect method for taking the sun's azimuth certainly is a desideratum in an instrument, which for the other part, — the declination itself, — is so near perfection.

CHRONOMETERS.

It will not astonish anybody to hear that the chronometers occasion, while travelling, the most serious difficulties; being always more or less influenced by nearly every mode of transport. Errors under this head are simply unavoidable, and it is even difficult to get an estimate of the extent of them.

However, the time of day which I chose for these observations, made even a considerable error in the rate to be of little consequence. The change in azimuth, when the sun is very near to the horizon, is so very slow, that I shall be able to show that in reality the influence of an error of this kind is extremely small.

TABLE II.

DETERMINATIONS OF THE CHRONOMETER'S RATE.

(The sign — means, that the chronometer is fast of Greenwich time, the sign +, means slow of Greenwich).

Year.	Date.	Schmidt 335, diff. with Grw.			Parkinson & Frodsham, diff. with Grw.			Hohwü 480, diff. with Grw.		
		Observed.	Calculated.	Rate.	Observed.	Calculated.	Rate.	Observed.	Calculated.	Rate.
		h. m. s.		s.	h. m. s.		s.	h. m. s.		s.
1874	Nov. 20	— 7 22 37.6		— 7.31	+ 0 0 50		+ 3.32	+ 0 8 55 7		— 1.41
	Dec. 4	— 7 24 20		— 7.27	+ 0 1 36.5		+ 1.95	+ 0 8 36		— 1.14
	" 26	— 7 27 0		— 7.80	+ 0 2 19.5		+ 6.94	+ 0 8 11		— 2 74
1875	March 19	— 7 37 47.3			+ 0 11 55.8		+ 6.91	+ 0 4 23.5		
	June 15			— 8.25		+ 0 22 4.1				— 4.10
	" 16	— 7 50 1.8						— 0 1 41.8		
	" 17					+ 0 21 52.7				— 4.75
	Sept. 5			— 9.20		— 0 31 0	+ 6.84		— 0 8 6	
	" 15	— 8 3 59			— 6 54 55			— 0 4 46.5		
	Dec. 24	— 8 21 36.7		—10.58	— 6 43 7.2		+ 7.08	— 0 13 25.7		— 5.19
1876	March 14	— 8 36 21.6		—10.92	— 6 32 22.5		+ 7.96	— 0 21 47.8		— 6.20
	Apr. 6	— 8 40 47		—11.54	— 6 29 12.5		+ 8 26	— 0 24 40.6		— 7.51
	" 15	— 8 42 31		-11.56	— 6 27 26.5		+ 9.56	— 0 25 46.1		— 7.28
					A new Parkison & Frodsham substituted for the first.					
	May 25			—10.63	— 2 36 24.2					— 7.13
	" 26	— 8 49 47					—15.13	— 0 30 38.6		
	" 31	— 8 50 38.5		—10.30	— 2 37 55			— 0 31 12.7		— 6.82
	June 30	— 8 56 14.6		—11.20	— 2 45 12.7		—14.52	— 0 34 59.9		— 7.57
	July 6	— 8 57 18.2		—10.60	— 2 46 40		—14.55	— 0 35 41.2		— 6.88
	Aug 2	— 9 2 45		—12.10	— 2 53 51		—15 96	— 0 39 11.5		— 7.79
				—12.22						— 8.86

Year.	Date	Schmidt 335, diff. with Grw.			Schmidt 333, diff. with Grw.			Houwü 480, diff. with Grw.		
		Observed.	Calculated.	Rate.	Observed.	Calculated.	Rate.	Observed.	Calculated.	Rate.
1876	Aug. 27	— 9 7 30.5		−12.60	— 4 59 47.7		−10.94	— 0 42 53.1		— 8.68
	Sept. 18	— 9 12 27.7		−14.28	— 5 3 48.4		−10.67	— 0 46 4.2		— 9.17
	Oct. 14		— 9 18 39							
	Nov. 9	— 9 41 9.9		— 9.82	— 5 13 3.2			— 0 54 1.2		
	„ 25	— 9 43 47					−10.09			— 9.01
	„ 26	— 9 45 34		— 7.96	— 5 15 54.7		— 8.01	— 0 56 34.3		
	Dec. 15	— 9 48 48.2	— 9 48 53.3	−10.01	— 5 18 36.4	— 5 18 26.9	— 8.85			
1877	Jan. 5	— 9 51 9	— 9 51 35.5	−11.04	— 5 21 12	— 5 21 32.7	−10.10			
	Febr. 25	−10 0 34.5	−10 0 38.5	−12.08	— 5 29 26.5	— 5 29 37.7	−10.42	— 7 40 36	— 7 41 4.3	−10.26
	March 10	−10 4 22.8	−10 3 35.5	−12.32	— 5 32 34.8	— 5 32 13.2	−10.53	— 7 44 1.8	7 43 17.6	−10.42
	„ 21	−10 5 46.5	−10 5 51	−12.45	— 5 34 2.3	— 5 34 9	−10.55	— 7 44 21	— 7 45 12.2	−10.50
	„ 27	−10 6 51.2	−10 7 5.7	−12.68	— 5 34 56.6	— 5 35 12.3	— 9.80	— 7 45 8	— 7 46 15.2	— 9.09
	July 3	−10 27 48			— 5 51 12.5			— 8 1 6.3		

A horizontal stroke always means that the chronometer, in whose column it is found, had stopped or shown an irregularity: and, for such periods, the figures have been found by means of the daily comparisons with the other two.

It will be at once remarked, that before 1876, — as I have already stated, — not enough determinations are at hand. However, during this time I travelled, with one single exception, by sea; and also the daily comparison and the regularity of the daily rate, are quite sufficient to show that nothing very serious occurred. On the 6th of September 1875, the instruments had to be carried from Kema to Menado; and notwithstanding all the care I took, a set of very unwilling coolies, by not following my instructions, injured the watches to such an extent, that when I looked at them, I found two had stopped. But the third showed no sign whatever of being injured; so by means of the daily comparisons, I was able to reconstruct the movements of the others.

In no other instance did two watches out of three show any unexpected irregularity. Before November 1874, I might give some other figures, but they would

have small value. Through an unlucky circumstance, discovered when it was too late, the timeball at Soerabaya was not to be relied on. Though I succeeded, out of different determinations, at variance with one another, with the aid of a chronometer belonging to a friend, the rate of which was tolerably well known, to determine the rate with a great degree of probability; the first six stations are by this circumstance rendered less reliable.

The determinations between the 26th of November 1876, and the 3d of July 1877, do not show a great concordance. I cannot ascribe this to any irregularity in the chronometers' rate, though certainly the bad behaviour of Hohwü 480, during part of the time, augments the uncertainty. But except this unfortunate occurrence, the daily comparison shows the same remarkable regularity as during the preceding years. Still, while not suspecting the chronometers. I have every reason to doubt the accuracy of all the sun's observations, more or less. This is also the reason, why so many determinations are inserted.

As to the observations of February 25, and March 10, the fact that the longitudes on the coast of Atjeh were at that time only imperfectly determined, justifies a certain amount of doubt. For December 15, it is to be noted that, during several days, the sky was so clouded, that it was with the utmost difficulty that a single observation could be obtained; while on January 5th, and March 21st, and 27th, the determinations were made under circumstances which do not allow too much reliance to be placed on these figures.

Having no reason to think one of these observations worse than the others, or to admit irregularities to such an extent, in the chronometers' rate, I thought it best, to substitute for the observed figures a more regular rate, calculated by the method of least squares. A formula was adopted of the form:

$$x = a + bt + ct^2 + dt^3,$$

where a is the position on November the 26th, and t the number of days that had elapsed since that date. The constants b, c and d were determined by the method of least squares, and x served to find the figures which are given apposite the observed ones. For Hohwü 480, the simpler method was employed to reduce its position to that of the others, by means of the daily comparisons. As this instrument, after having stopped, was seldom employed, its rate is of little consequence.

The largest difference that appears between the figures in both columns belonging to one chronometer, one of 47 seconds, is certainly startling. But the influence these 47 seconds have on the magnetic declination as observed on the

two dates nearest to that of March 10, is not more than 1'.5. Evidently this is a greater uncertaintly than is desirable, but it is the worst instance I can find. In most cases the possible influence is less than 40".

At the same time, this period is undoubtedly the one during which the uncertainty as to the chronometers' rate is by far the greatest. Moreover, the influence is only great in those few instances when the observation had to be done later than usual. Therefore 40" may be fairly assumed to be the amount of uncertainty which is left in the determinations on this head, excepting a few instances, when the sun was higher than usual. In Borneo, where, as I have stated, I often observed with a higher sun, there is very little reason to doubt the azimuths, taken as they were by very competent persons; and so the places where the degree of uncertainty is great, are really very few in number.

I always made use of the chronometers alternately, so that at one station at least two were employed. Only once I departed from this rule, during the first trip to Borneo in February 1876. The wish to have them duly controlled, and to avoid their being injured more than usual by constant travelling, made me leave two of the instruments at the Time-ball at Soerabaja, and only SCHMIDT 335 was brought over. As I had, however, an additional azimuth taken for me during that month, this can have given little cause of uncertainty.

I wish to repeat here, that errors in the chronometers' rate not larger than mine seem to be, can have hardly any influence on the observations of the horizontal intensity.

MAGNETIC DECLINATION.

As to the observation of the declination itself I have hardly any remark to make. The unifilar was never essentially modified in this respect. Only the scale which was formerly etched on the glass at one extremity of the magnet, is now produced by photography. This admits of its being made much smaller than before, and consequently the whole magnet is reduced in size, and not nearly so heavy, so that three threads are more than sufficient to support it. As I explained before, this allowed me to dispense altogether with the torsion observation, except in so far that care had to be taken in removing, from time to time, what little torsion the thread might show. This fact was amply discussed in Part II of these papers.

In one respect I departed from the Kew rules and made an alteration which

I think an improvement. My magnet, by its lightness and construction, was so easy to adjust, that I always turned it upside down after every single reading, and brought each time the central line of the scale on the central wire of the telescope. This method rendered it unnecessary to find the value of one scale division, and made the observation quite independent of scale error. The observation was done as follows: first reading, scale erect; second reading, scale inverted, and so on.

I took four readings, which for reasons already stated, give a degree of accuracy quite sufficient, as the uncertainty is undoubtedly much less than 1′, which is the degree of accuracy attained with the sun's azimuth.

Except in the beginning, when not yet quite accustomed to the observation, I always took only one observation daily; my regular method was to take first four readings of the magnet, then two complete sets of eight azimuths, then four readings of the magnet again. Between the two sun's observations the instrument was always levelled afresh, and the mirror again adjusted; and I always took care to be ready with the first set of declination-readings by the time the sun first became visible in the mirror.

As the Kew practice is, the temperature has been noted during the observations, but as explained before, my thermometers had been damaged to such a degree, that these readings have no absolute value. On the other hand they are not of great use, for in the first place there is no formula to bring the temperature into account; and in the second place, on account of the peculiar construction of the instrument, the temperature of the box is obtained, and by no means that of the atmosphere, perhaps not even that of the magnet. Therefore I think it better not to give these readings.

In the early morning, as when I took these observations, there generally is no wind in those parts.

I have already stated that the declination was always observed without the tent, as it was of course impossible to sight the sun from under it; so that the screws in the tent's pole had nothing to do with these determinations, and I did not find any special cause of errors, except those which have been already alluded to.

As a specimen of the observations, I will give Soerabaja, March 17, 1876. I think, however, that it is quite unnecessary to give at length the calculation from the Nautical Almanack for finding the sun's azimuth, which offers nothing that is not generally known. Also, it is useless to give a specimen of the reductions, as I did in Part I and II, because these are in this case reduced to one only, as will be seen in the following pages.

To this specimen I must add the remark that the sun was clouded at the end of the first observation of declination, so that half an hour lies between this and the first azimuth-observation. For the same reason, the observation is not a good one, and I chose it expressly to show that even here the mean is not a bad one. Its probable error is ± 29".49. In most other cases it is between 10" and 20".

I wish however to insert the remark, that the fact that in this example the value of the sun's azimuth shows a constant tendency to be larger at each reading than at the foregoing one, is purely accidental. I have carefully scrutinized the other observations, and there is no fixed rule to be found; so that the discrepancies which remain in this example seem to be really due to the uncertainty of the method, not to any constant error in the mirror's setting.

The calculations have all been done twice; but the second time the mean was taken of the eight azimuth-readings and that of the eight chronometer's readings, and the mean azimuth was found for this mean time. This much shorter method was a sufficient check on the calculations, and had this advantage, — that the same result was found by two different ways.

OBSERVATION OF MAGNETIC DECLINATION.

Soerabaja 17th of March 1876. N°. I.

Hour of reading (from 5m—5m).	Temperature.	Position of the magnet, scale alternately erect and reversed.	Mean of readings.	Relative position of sun and wire as seen in the telescope.	Hour by chronometer.	Reading of Verniers.	Mean.	Remarks.
7h15m	84°.5	172° 16′ 40″ 16 0	172° 16′ 20″	\⊙	0h 43m 26 / 8	258° 37′ 40″ 38 0	258° 37′ 50	Station very near to the spot where captain ELLIOT must have observed. During the first part of the sun's observation, some clouds rendered the observations somewhat uncertain.
7 15		173 44 20 44 20	173 44 20	⊙|	44 40	259 11 40 11 40	259 11 40	
7 20		172 17 0 16 40	172 16 50	\⊙	45 70	258 34 20 34 40	258 34 30	
7 20	81.5	173 44 40 44 20	173 44 30	⊙|	46 58	259 9 20 9 20	259 9 20	
7 17.5	83.0	Means...	173 0 22.5	Mirror reversed				
				\⊙	0 48 14	258 23 40 23 40	258 23 40	
				⊙|	49 4	258 58 40 58 40	258 58 40	
				\⊙	50 34	258 23 0 23 0	258 23 0	
				⊙|	51 38	258 57 20 57 20	258 57 20	

N°. II.

Hour of reading (from 5m—5m).	Temperature.	Position of the magnet, scale alternately erect and reversed.	Mean of readings.	Relative position of sun and wire as seen in the telescope.	Hour by chronometer.	Reading of Verniers.	Mean.	Remarks.
8h15m	98°.0	173′ 44 40″ 44 20	173° 44′ 30″	\⊙	0h55m 14½s	258° 10′ 0″ 10 20	258° 10′ 10′	
8 20		172 17 0 16 20	172 16 40	⊙\	56 24	258 45 40 46 0	258 45 50	
8 20		173 44 40 44 20	173 44 30	\⊙	57 50	258 7 0 7 0	258 7 0	
8 25	93 .0	172 16 0 15 40	172 15 50	⊙\	58 26	258 42 20 42 40	258 42 30	
8 20	95 .5	Means...	173 0 22.5	Mirror reversed				
				\⊙	59 114	257 59 20 59 40	257 59 30	
				⊙\	1 0 88	258 35 40 35 40	258 35 40	
				\⊙	2 70	257 56 40 56 40	257 56 40	
				⊙\	3 64	258 32 20 32 20	258 32 20	

CALCULATION OF THE TRUE NORTH BY THE SUN'S AZIMUTH.

Longitude East of Grw. 112° 39′ 7′
Latitude south 7 15 35 .

After the preliminary operation of interpolating the sun's declination and the equation of time, for which the first and second differences were taken into account, the calculation, much abridged, stands as follows:

	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s	h. m. s.	h. m. s	h. m. s.	h. m. s.
Time by Chron.	0 43 13	0 44 20	0 45 35	0 46 29	0 48 7	0 49 2	0 50 17	0 51 19
Real apparent time	7 43 13.5	7 44 20.5	7 45 35.5	7 46 29.5	7 48 7.5	7 49 2.5	7 50 17.5	7 51 19.5
Sun's declination	° ′ ″ 1 16 54	° ′ ″ 1 16 53	° ′ ″ 1 16 52	° ′ ″ 1 16 51	° ′ ″ 1 16 49	° ′ ″ 1 16 48	° ′ ″ 1 16 47	° ′ ″ 1 16 46
Azimuth of sun's centre, taken East from North	87 54 44	87 52 19	87 49 34	87 47 36	87 43 59	87 41 57	87 39 10	87 36 52
Sun's semi-diameter corrected for altitude	17 53	17 55	17 58	18 0	18 4	18 6	18 9	18 12
Azimuth of sun's limb	87 36 51	88 10 14	87 31 36	88 5 36	87 25 55	88 0 3	87 21 1	87 55 4
Reading of azimuth	258 37 50	259 11 40	258 34 30	259 9 20	258 23 40	258 58 40	258 23 0	258 57 20
True geogr. North	171 0 59	171 1 26	171 2 54	171 3 44	170 57 45	170 58 37	171 1 59	171 2 16

Mean Geographical North:	171°	1′	13″	East of 0° on scale.
Mean of readings of magnet:	173	0	30	„ „ „ „ „
Magnetic declination:	1	59	17	East.

And for N°. II the calculation stands as follows:

Mean Geographical North:	171°	2′	14″	
Mean of readings of magnet:	173	0	22.5	
Magnetic declination:	1	58	8.5	East.

REDUCTION TO ONE COMMON EPOCH, AND CONSTRUCTION OF THE MAP.

For the reduction to one common epoch I extracted again the necessary figures from Dr. BERGSMA's observations. In this case, the process was very simple. For the hour of the day no correction has been applied. On page 162th of the third volume of the Batavia observations, Dr. BERGSMA gives the daily change as resulting from his determinations. It would appear that the daily range, upon the whole is not great, and that the value of the correction for my morning- and afternoon observations would be much the same. Moreover, the various months show great differences, and the series of observations does not yet seem large enough to give quite a reliable mean for these reductions. So I thought best to dispense altogether with this correction, although my own observations seem to show a much greater difference, as a rule, between the morning and the afternoon determinations than those of Dr. BERGSMA, which fact augments the uncertainty, and contributed to my resolution. As most of my observations were made at nearly the same hour in the morning, the error cannot be great. However, this may be one of the many reasons why the few afternoon observations are rendered less trustworthy than those of the morning.

Neither has a reduction for every month, in order to obtain the year's mean, been applied. At p. 155 of the third volume of the Batavia observations, Dr. BERGSMA says: „it appears..... that the existence of a regular annual va„riation in the magnetic declination at Batavia is very improbable."

As to the secular variation, — as extracted from Dr. BERGSMA's observations from 1869 to 1875, — it is + 2′10′; and for the period 1848—1875, — as extracted from a comparison between Captain ELLIOT's observations and those

of Dr. BERGSMA, — it is 2′ 22″. These figures being remarkably alike, I chose the latter value, and took the secular variation to be regularly + 12″ monthly.

As the month of January 1876 is about the mean of the whole period I spent in taking observations, I reduced all the determinations to this epoch; while the dip and horizontal intensity have been reduced to the mean value for the same year. In this manner, the correction to be applied to the observed figures for the first observation-month (August 1874) is + 3′ 24″, and that for the last month (June 1877) is — 3′ 24″.

For the construction of the map, neither of the two methods hitherto employed would quite do; which may easily be comprehended by a glance at it, with its crooked lines as I made it. I adopted however, in the main, the same expedient as with the horizontal intensity, which need not be explained again at length (division of the map into large provinces, and calculation of the lines' direction by means of the formula $a = bx + cy$, whose constants are found by the method of least squares.) But in the first place, I had to give up the plan of putting into each province the same number of stations. This, in some instances, gave results evidently far from correct, as some provinces were too large. So I chose the divisions in such a way, that in no province sudden changes in the direction of the lines should occur. The number of stations included in a province varies from 15 to 30. In the second place, the map was twice divided into different provinces, as was done for the dip, so that every station has contributed to two different centres and the normals belonging to them.

Again, those stations, where only on one day observations could be done, have received half value; and it will be seen, that a few have been left out altogether, because there evidently was a great error which I am unable to account for. On the map the limits of the different provinces have this time been left out, as they would have augmented the lines, without much good resulting. However, of each province, the centre of gravity has been indicated, also the line, which, going through that centre, cuts the isogonic lines at right angles. The cases, in which it was difficult or impossible to bring the lines to suit the calculated conditions, are not numerous.

There is one particular in connection with these lines to which I wish to call attention, not being able to decide, whether it be quite accidental, or owing to a natural cause. It is this, that I have been particularly struck by the way in which these lines run parallel to the greatest extension of land. If we begin in the Western part of the map, the lines run exactly parallel to the direction of Sumatra; then we find in the Southern part a rather abrupt curve which seems expressly made in order to allow the lines to run parallel to Java, while

the Northern part makes a larger circuit, causing them to become parallel to the greatest diameter of Borneo. Farther to the East, though Celebes is cut nearly at right angles, in the Molluccas we find the lines exactly following the greatest extension of land. I am not far from believing that, if I could have taken more stations in Timor and the adjacent isles, there also the lines would have been found to run parallel to the mean direction of the islands, instead of going in the same way as the more Northern ones. It is as if the land had some power of coercion on the isogonic lines.

I am aware something to this effect is to be found in A. von Humboldt's works, but I do not know whether the cue has been followed.

It is only with great hesitation that I insert the following remark, because the support it receives from my observations is so very slight, that it may after all, have no value whatever. It is this, that while in Sumatra it seemed to me almost as if the seacoast itself had some particular influence. With the dip, this is hardly sensible, it is more so with the horizontal intensity, and rather strongly so with the declination. A glance at the map I now give, will show that nearly all the places which are exactly on the Westcoast (Olehleh, Singkel, Siboga, Natal, Benkoelen) have a smaller declination than the lines would lead one to expect, and the next place in the interior shows a declination either exactly suiting the lines, or rather too large. The horizontal intensity exhibits the same peculiarity; the dip, — should there be any influence, — seems, on the seacoast to be a little too large. Does such an irregularity really exist, either occasioned by the seacoast itself, or by the ridge of high mountains which throughout runs parallel to it at no great distance? Or is it only imaginary, and attributable to the stations I was able to visit on the seacoast being so few? A more thorough investigation of these parts (which ought to include the islands to the West of Sumatra) is the only means whereby this question, which I am obliged to leave open, can be decided.

I wish to add here, that my observations at Batavia give the declination at $1^{0}\,40'$, while the lines would give about $1^{0}\,54'\,30''$. It was only some time after the observations had been completed, that I was informed that very near to my station a large gas-pipe was lying underground. But I cannot forego the remark, that while my lines are drawn for January 1876, the mean declination, as found at Dr. Bergsma's observatory for the year 1874—1875, is $1^{0}\,54'\,38''$, which value enters exceedingly well into my system of lines. I am bound also to add, that, by an oversight, there is a slight error in the geographical position of Batavia, as I made it. I became aware of this fact too late, and as the gas-pipe alluded to is quite enough to make this one figure doubtful, it would not be of

much use to repeat the computations for Batavia, for which place Dr. BERGSMA's observations more than supply my shortcomings in this respect. I should have done better, if I had substituted his figure for my own. But the influence on the map must of course be insignificant.

In part of the next table half seconds have been taken into account, and in another part they have been left out; this oversight is of too little importance to justify a repetition of the computation.

TABLE III.

OBSERVED VALUE OF THE MAGNETIC DECLINATION.

Remark. Though it is not quite necessary, I make a column for the true geographical North found by the sun's azimuth, as it allows one to form a judgment as to the value of the observations, at least for those places where two observations were made on one day. The readings are always from North to East.

The declination is always East.

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographical North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Soerabaja.	'74 Aug. 26	8h 0m	86° 20′ 8″	1° 43′ 19″			During the first three or four stations, the observations are perhaps inferior.
112° 43′ 55″	Sept. 11	7 28	326 26 40	1 42 30			
+ 7 15 30	" 12	7 26	75 29 25	1 45 17	1° 43′ 42″	1° 46′ 58″	
Sangkapoera	Aug. 30	7 46	60 27 58	1 55 45			Throughout very bad weather.
(Bawean).	Sept. 1	7 49	221 48 28	1 56 49			
112 38 52	" 3	8 15	332 33 52	1 54 37	1 55 44	1 59 0	
+ 5 51 18							
Probolinggo.	" 18	7 21	155 19 22	2 2 55			
113 12 44	" 19	7 21	323 7 58	2 2 48			
+ 7 44 46	" 20	7 44	329 58 25	2 2 23			
	" 22	7 30	78 49 58	2 2 37			Indifferent observation.
	" 23	7 20	81 40 4	2 4 45	2 3 5.5	2 6 17.5	
Soemenep.	" 28	7 23	215 44 27	1 45 13			Position was not exactly the same on the three days.
113 53 45	" 29	7 15	108 56 59	1 46 46			
+ 7 2 30	" 30	7 25	94 37 8	1 43 28	1 44 9	1 47 21	
Boeleleng	Oct. 9	7 6	217 7 17	1 24 25			Ground was somewhat soft. Difficult to have the instrument always well levelled.
(Bali).	" 10	7 7	84 28 20	1 21 49			
115 3 20	" 13	6 58	205 26 23	1 22 40			
+ 8 7 33	" 15	7 1	212 57 33	1 25 34	1 23 37	1 26 37	

NAME OF STATION. LONGITUDE. ATITUDE.	DATE.		Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Ampenan.	'74 Oct.	25	7h16m	85° 17′ 46″	1° 44′ 53″			During the whole period Soerabaja-Ampenan, an error at the time-ball of Soerabaja may slightly affect the chronometers' rate. Last day, sun not bright.
(Lombok).	"	26	7 33	157 36 34	1 47 38			
116° 3 40″	"	28	7 36	341 10 29	1 49 38			
+ 8 34 15	"	29	7 32	332 40 3	1 45 35			
	"	30	7 21	191 51 4	1 44 41	1° 46·29″	1′ 49 29″	
Makassar.	Nov.	28	7 4	229 55 14	1 34 11			
119 23 41	"	29	6 56	234 47 35	1 37 8			
+ 5 8 8	"	30	7 37	231 11 33	1 37 41			
	Dec.	1	6 51	222 48 30	1 35 30	1 36 7.5	1 38 52.5	
Salcier.	"	6	7 49	52 29 46	2 7 11			Weather bad.
120 27 26	"	7	7 15	4 52 51	2 7 55			
+ 6 7 2	"	8	7 22	192 21 30	2 7 45			
	"	9	7 12	200 45 5	2 5 40	2 7 8	2 9 44	
Koepang.	'75 Jan.	2	7 11	153 33 38	1 31 8			Very bad weather. Sun never very clearly visible Many thunderstorms.
(Timor).	"	3	7 14	352 48 40	1 32 6			
123 33 44	"	4	7 36	218 5 58	1 44 19			
+ 10 9 49	"	5	7 15	78 45 58	1 31 54	1 34 52	1 37 16	
Larangtocka.	"	13	7 36	159 29 25	0 40 27			Bad station in many respects, the neighhood of a big volcano was clearly of great influence on all the observations.
(Flores).	"	14	7 23	169 5 32	0 56 14	0 48 20	0 50 44	
122 58 10								
+ 8 19 20								
Delli.	"	29	7 39	334 33 35	1 48 19			Weather unfavourable.
(Timor).	"	31	7 56	83 30 46	1 48 16			
125 34 0	Febr.	4	7 22	96 53 52	1 46 57			
+ 8 34 0	"	8	7 19	329 46 32	1 46 1			
	"	9	7 19	328 38 47	1 47 20	1 47 23	1 49 40	
Bima.	"	21	7 11	70 41 37	1 26 46			Very rainy. On the 22d a bad observation.
(Soembawa).	"	22	7 37	264 50 8	1 27 49			
118 43 55	"	24	7 10	337 35 33	1 29 4			
8 27 0	"	25	7 30	234 46 20	1 27 43			
	"	26	7 38	77 45 45	1 27 43			
	"	27	7 45	62 23 32	1 28 7	1 27 52	1 30 4	
Gisser.	March	18	6 59	12 36 58	2 14 19			
130 52 35	"	19	7 18	324 47 4	2 13 1			
+ 3 52 29	"	21	7 21	3 18 11	2 14 6			
		22	7 56	160 21 5	2 11 40	2 13 16.5	2 15 16.5	
Amboina.	"	26	7 35	6 1 18	2 2			
128 10 0	"	28	7 27	65 26 41	2 46			
+ 3 41 30	"	29	7 27	315 7 50	2 1 53			
	"	31	7 23	230 59 23	3 57	2 2 53	2 4 53	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Banda	'75 April 10	7h47m	236° 40′ 16″	1° 46′ 38″			On the last day the observation is not very good.
129° 53′ 0′	" 11	7 38	22 31 52	1 45 47			
+ 4 31 53	" 15	8 1	73 25 10	1 45 57	1° 46′ 7″	1° 47′ 55″	
Batjan.	May 16	7 27	33 33 50	1 59 12			It was not easy to level the instrument on the soft ground.
127 28 3	" 17	7 14	235 48 31	1 57 56			
+ 0 38 3	" 18	7 19	26 57 55	1 58 7			
	" 19	7 12	126 2 2	2 0 5			
	" 20	7 25	115 47 34	1 58 43	1 58 49	2 0 25	
Ternate.	" 28	7 12	50 59 6	1 46 16			
127 22 21	" 29	7 12	210 53 34	1 46 48			
− 0 47 13	" 30	6 59	226 56 52	1 46 50			
	" 31	7 7	325 19 18	1 47 47			
	June 1	7 10	274 32 10	1 46 42	1 46 53	1 48 27	
Kajeli.	" 7	7 34	227 35 14	1 56 58			Very unfavourable circumstances.
(Boeroe).	" 10	7 6	55 21 6	1 56 55	1 56 56.5	1 58 20.5	
127 6 0							
+ 3 22 46							
Wahaai.	" 14	7 20	277 2 8	2 1 37			
(Ceram).	" 16	7 6	119 13 32	2 1 55			
129 28 32	" 17	7 5	212 49 4	2 1 32			
+ 2 47 38	" 18	7 4	325 27 46	1 58 23	2 0 52	2 2 16	
Menado.	July 7	7 11	268 29 32	1 59 57			
124 49 47	" 9	7 5	163 11 52	2 1 40			
— 1 29 39	" 11	7 17	94 8 20	2 2 14	2 1 17	2 2 29	
Gorontalo.	" 15	7 25	102 6 27	1 58 50			An attack of fever on the 18th may perhaps account for the discrepancy between that figure and the others.
123 2 50	" 17	7 29	169 43 2	2 0 45			
− 0 30 10	" 18	7 9	249 28 37	2 4 52	2 1 29	2 2 41	
Tomini.	" 26	7 6	221 58 47	1 42 32			
120 32 1	" 29	7 4	71 51 12	1 44 4	1 43 18	1 44 30	
— 0 30 20							
Parigi.	Aug. 7	8 20	218 31 22	1 59 26			Unfavourable circumstances in many respects.
120 10 6	" 8	7 47	323 20 43	2 5 45	2 2 35.5	2 3 35.5	
+ 0 48 30							
Mogo.	" 14	7 5	229 49 20	2 30 5			Observed, standing in the sea; could only read one of the verniers; bad observations consequently.
122 0 23	" 15	6 50	175 11 48	2 32 57			
+ 0 26 29	" 16	8 10	351 36 6	2 29 59	2 30 54	2 31 54	
Mantawaloe	" 19	6 59	158 30 20	1 50 46			
Keke.	" 20	7 8	190 2 11	1 51 59			
123 5 3	" 21	6 54	328 47 25	1 52 29	1 51 45	1 52 45	
+ 0 32 36							

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.		Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	Remarks.
Pennefe.	1875 Aug.	26	4h35m	138° 3′ 9″	2 16′ 18″			The great difference is easily explained by the ferruginous nature of the country, and by the trying conditions under which I observed.
124 28′ 5″			5 8	138 2 19	2 16 51			
— 0 26 13	"	28	6 25	313 20 15	2 31 35			
			7 5	313 20 57	2 32 15	2° 24′ 15″	2° 25′ 15″	
Kema.	Sept.	3	6 48	132 35 8	2 2 32			I can offer no explanation to account the great discrepancy on the different days, unless it be that my observations are bad on account of continual fever.
125 4 17			7 24	132 34 20	2 3 42			
— 1 21 44	"	4	6 40	268 12 12	1 40 3			
			7 18	268 12 58	1 39 47			
	"	6	6 48	101 20 58	2 2 32			
			7 13	101 19 16	2 4 4	1 55 27	1 56 15	
Madjene.	"	22	4 14	189 17 25	1 53 22			
118 57 36	"	24	6 36	347 22 57	1 50 28			
+ 3 33 10			7 19	347 22 37	1 50 48	1 51 33	1 52 21	
Mamoedjoe.	"	28	5 0	173 35 45	2 2 55			
118 52 50	"	30	6 28	231 9 5	2 5 10			
+ 2 40 8			7 5	231 9 25	2 4 27			
	"	30	5 13	16 28 0	2 5 32			
	Oct.	1	6 30	28 5 6	2 8 9			
			7 3	28 4 34	2 8 51	2 5 51	2 6 35	
Krosa.	"	4	6 15	199 44 13	2 1 49			
119 12 0?			7 3	199 44 56	2 0 29	2 1 9	2 1 45	
+ 1 49 30								
Kei Doela.	"	30	6 17	117 39 30	2 29 57			Suspension thread broke after the first observation, which is probably the cause of the anomaly.
132 44 12			7 14	117 39 7	2 20 10	2 25 4	2 25 40	
+ 5 33 53								
Dobbo.	Nov.	1	4 28	274 44 37	2 37 58			At this station and the next one the hour of the day is unreliable.
(Aroe).			5 5	274 45 13	2 37 22			
134 20 40	"	2	7 16	33 38 23	2 38 14			
+ 5 44 30	"	4	6 34	55 39 42	2 34 34	2 37 2	2 37 26	
Meiriri (Aroe).	"	9	6 20	152 28 24	2 58 43			
134 24 0			7 25	152 26 28	2 57 37	2 58 10	2 58 34	
+ 5 33 30								
Amahaai.	Dec.	5	6 43	258 58 4	1 59 56			
(Ceram).			7 22	258 58 29	1 59 3			
128 56 0	"	6	6 34	339 8 54	1 58 11			
+ 3 19 40			7 10	339 8 38	1 57 52			
	"	7	6 20	231 2 50	2 1 37			
			6 59	231 4 17	1 58 20			
	"	8	6 18	35 55 51	1 59 51			
			6 56	35 56 56	1 58 54	1 59 13	1 59 25	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Haja. (Ceram). 129 33′ 37″ + 3 24 11	'75 Dec. 12	6h 6m	40° 54′ 14″	2° 0′ 48″			On the 15th, the instrument was shifted a little between the two observations.
		6 50	40 54 59	2 0 51			
	〃 14	6 5	328 44 55	2 2 10			
		6 55	328 45 48	2 0 44			
	〃 15	6 3	246 38 46	2 3 9			
		6 53	246 55 35	2 1 45	2° 1′ 34″	2° 1′ 46″	
Saparoea. 128 38 36 + 3 34 37	〃 18	7 24	333 39 42	2 0 35	2 0 35	2 0 47	
Bandjermasin. 114 34 38 + 3 18 55	'76 Febr. 4	8 6	198 58 44	2 0 48			During the whole tour in Borneo the sun was hardly ever clearly visible, and never at an early hour. Weather often very bad.
		8 45	202 25 24	1 59 59			
	〃 5	8 0	302 23 47	1 59 55			
		8 31	302 25 30	1 57 29			
	〃 6	7 5	198 44 53	1 58 42			
		7 38	198 44 31	1 58 54	1 59 18	1 59 6	
Sampit. 112 57 4 + 2 29 31	〃 9	7 49	186 57 42	2 3 33			Very soft ground, instrument always out of level. The first observation especially may be bad on this account.
		8 18	186 53 12	2 8 3	2 5 48	2 5 36	
Martapoera. 114 49 28 + 3 28 45	〃 13	4 50	337 30 19	2 9 58.5			The last observation was not made exactly in the same place as the two others.
	〃 14	8 45	147 30 38	1 57 27			
	〃 14	5 22	129 17 5	2 9 27	2 5 37	2 5 25	
Mantalat. 114 52 56 + 1 22 51	〃 20	7 25	210 14 53	2 9 14.5			Very difficult circumstances.
		8 0	210 16 44	2 5 55.5			
	〃 22	4 30	294 18 9	2 14 56			
		5 ?	294 18 5.5	2 12 54.5	2 10 45	2 10 33	
Amoentai. 115 11 5 + 2 18 34	〃 29	4 32	291 4 42.5	2 5 30			Between the first and second observation the place was shifted.
		5 6	299 11 12	2 6 20.5			
	March 1	7 2	213 58 18	2 8 17	2 6 49	2 6 33	
oerabaja II. 112 39 7 + 7 15 35	〃 16	8 8	287 24 52	2 1 8			The discrepancy between Soerabaja I and II is probably owing to the long. and lat. for both being a little uncertain, and to the chronometers' error being not well known during the first stay. This defect was only afterwards discovered. Perhaps the monthly correction of 12″ may also have contributed to the discrepancy.
		8 43	287 25 33	2 0 19			
	〃 17	7 18	171 1 14	1 59 16			
		8 20	171 2 14	1 58 8.5	1 59 43	1 59 19	
Toeban. 112 3 42 + 6 53 41	〃 19	6 58	14 46 0	1 51 47.5			The last observation is a bad one.
		7 30	14 45 56	1 50 19			
	〃 20	7 13	0 39 56	1 52 21.5			
		7 45	0 40 23	1 51 9.5			
	〃 20	5 27	270 31 34	1 52 21	1 51 36	1 51 12	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Rembang.	'76 March 21	5h55m	2° 9′ 30″	1° 54′ 35″			
111°20′14″		6 25	2 10 8.5	1 54 6.5			
+ 6 42 18	" 22	6 37	10 40 41	1 51 24			
		7 13	10 39 1	1 51 46			
	" 23	6 43	110 15 27	1 52 20.5			
		7 14	110 16 0	1 52 20	1° 52′ 45″	1° 52′ 21″	
Pati.	" 24	7 10	280 18 9·5	1 52 13			
111 1 9		7 41	280 17 35	1 55 5			
+ 6 45 20	" 25	6 54	262 55 18	1 54 22			
		7 28	262 55 7	1 53 3			
	" 26	7 20	173 58 55	1 53 22,5			
		7 55	173 58 4	1 52 36	1 53 27	1 53 3	
Karimon Djawa.	April 2	6 28	224 11 5	2 4 10			
		7 9	224 10 42	2 3 38			
110 25 11	" 2	5 0	118 52 28	2 6 22			
+ 5 52 56		5 30	118 53 15	2 5 37.5	2 4 57	2 4 21	
Semarang.	" 8	6 45	356 58 21.5	1 43 51			The observations on the 18th seem false, therefore the mean has been taken of the two first only. A large quantity of iron was in the neighbourhood.
110 25 6		7 18	356 57 31	1 44 9	1 44 0	1 43 24	
+ 6 58 2	" 18	6 50	243 8 6	2 28 41.5			
		7 23	243 9 5	2 27 10			
Soerakarta.	" 10	7 0	0 58 31	1 40 41.5			
110 49 29		7 54	0 58 51	1 38 56.5			
+ 7 33 56	" 11	6 50	242 55 3	1 35 29.5			
		7 33	242 52 25	1 36 15	1 37 51	1 37 15	
Djokjakarta.	" 12	6 49	43 33 28	1 34 19 5			Sun not bright.
110 21 29		7 40	43 34 33	1 33 19.5			
+ 7 48 13	" 13	6 46	111 35 12	1 35 5.5			
		7 44	111 36 9.5	1 32 5.5			
	" 14	6 34	119 4 43	1 34 47			
		7 29	119 4 43.5	1 33 34	1 33 52	1 33 16	
Ambarawa.	" 20	6 33	262 56 23	1 53 7			
110 23 56		7 7	262 55 14.5	1 52 30.5			
+ 7 15 36	" 21	6 50	242 10 21	1 53 34			
		7 24	242 10 38 5	1 52 51.5	1 53 1	1 52 25	
Magelang.	" 22	7 5	234 27 53	1 35 49.5			
110 12 33		7 45	234 26 17	1 37 3			
+ 7 28 27	" 23	6 53	353 48 49.5	1 36 3			
		7 29	353 49 15 5	1 35 44 5	1 36 10	1 35 34	
Poerworedjo.	" 24	6 34	278 47 21	1 43 21.5			
110 0 0		7 11	278 47 57	1 43 3			
+ 7 42 54	" 25	6 51	48 6 12	1 47 15.5			
		7 23	48 5 42	1 45 53	1 44 53	1 44 17	

Name of station. Longitude. Latitude	Date.	Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	Remarks.
Banjoemas.	'76 April 28	6h52m	25°10′28″	1°56′37″			The sun was never very bright, especially on the 28th. On the 29th a rather severe earthquake occurred at 6 a. m.
109°17′ 1″		7 9	25 8 44	1 54 16			
+ 7 31 46	" 29	6 43	12 42 48	1 56 29.5			
		7 40	12 43 47	1 55 8			
	" 30	7 40	14 0 59	1 55 31			
		8 0	14 2 15	1 54 50	1 55 28	1 54 52	
Tjelatjap.	May 1	7 17	25 27 10.5	2 7 9.5			
109 0 16		7 48	25 27 36.5	2 5 43.5			
+ 7 44 28	" 1	4 35	276 26 46.5	2 2 56			
		5 7	276 26 1.5	2 3 56			
	" 2	6 42	25 30 13.5	2 4 1.5	2 4 45.5	2 3 57.5	
Tegal.	" 8	6 49	121 16 58	1 54 42			
109 7 49		7 24	121 18 9	1 54 28.5			
+ 6 51 12	" 8	4 30	183 34 48	1 54 29			
		5 3	183 34 47.5	1 55 27.5			
	" 9	6 50	34 41 11.5	1 55 56			
		7 35	34 41 40.5	1 56 32	1 55 16	1 54 28	
Cheribon.	" 10	6 47	95 51 27	1 51 48.5			
108 33 58		7 22	95 49 51	1 51 54			
+ 6 42 55	" 10	4 37	226 39 43.5	1 52 26.5			
		5 6	226 31 11	1 52 51 5			
	" 11	4 47	268 6 22	1 53 0 5			
		5 17	268 5 52	1 52 48	1 52 38	1 51 50	
Soemedang.	" 13	6 55	135 39 55	1 49 27.5			
107 59 21		7 30	135 40 9	1 48 26			
+ 6 50 48	" 14	6 44	141 5 22.5	1 47 45	1 48 33	1 47 45	
Bandoeng.	" 15	7 2	215 16 33	1 51 37			
107 36 5		7 36	215 17 8	1 51 34.5			
+ 6 55 22	" 15	5 10	353 32 45	1 47 25	1 50 12	1 49 24	
Tjandjoer.	" 17	6 51	250 9 11 5	1 55 16			
107 8 0		7 32	250 8 54.5	1 54 50.5			
+ 6 49 27	" 18	7 15	89 48 44	1 54 51			
		7 48	89 47 39	1 55 16	1 55 3.5	1 54 15.5	
Buitenzorg.	" 22	6 57	114 36 47	1 31 35 5			I have no idea as to what is the cause of the great discrepancy. The observations were carefully done under favourable circumstances The station was not far from the palace which fact may perhaps be the cause.
106 47 22		7 31	114 36 57.5	1 31 5			
+ 6 35 44	" 23	6 45	215 15 13 5	1 49 54			
		7 47	215 17 51	1 49 44			
	" 24	6 50	147 55 11	1 45 11.5			
		7 23	147 54 57	1 45 24.5	1 42 9	1 41 21	
Batavia.	" 30	7 5	245 53 39	1 47 23 5			See text.
106 48 8		7 41	245 55 24	1 46 3 5			
+ 6 9 48	June 1	7 8	15 2 16	1 36 31 5			
		7 48	15 1 53	1 37 14.5	1 41 47	1 40 56	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.		Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	Remarks.
Anjer.	'76 June	3	6h53m	345 18′ 9″	2° 2′ 6″			On the first two days the sun was not very bright.
105° 54′ 34″			7 34	345 18 6	2 1 9			
+ 6 3 13	"	4	6 59	128 51 7	2 2 55 5			
	"	5	7 2	302 28 49	2 4 6			
			7 39	302 32 6	2 2 39	2° 2′ 35″	2° 1′ 35″	
Telock Betoeng.	"	9	7 13	120 38 42	1 51 13			
			7 46	120 37 49	1 52 6			
105 14 44	"	10	7 0	131 14 21.5	1 52 26			
+ 5 25 31			7 35	131 14 9	1 52 21	1 52 1.5	1 51 1.5	
Katimbang.	"	13	6 56	52 40 42	2 7 23			
105 36 45			7 25	52 39 20.5	2 8 4.5			
+ 5 49 20	"	13	5 34	142 38 16	1 57 46 5			
			6 4	142 37 47	1 57 33			
	"	14	7 6	84 54 3.5	2 5 49			
			7 40	84 54 51	2 4 51.5	2 3 34 5	2 2 34.5	
Ketapan.	"	15	4 49	136 54 51	1 52 41			
105 48 30			5 16	136 53 49	1 53 28.5			
+ 5 45 10	"	16	6 29	151 18 20.5	1 54 4.5			
			7 2	151 18 30	1 53 57.5	1 53 33.5	1 52 33 5	
Krakatahoe.	"	19	6 52	38 12 32.5	2 5 20			
105 27 30			7 30	38 11 37.5	2 6 47.5			
+ 6 7 20	"	20	6 36	122 13 37	2 5 20.5			
			7 18	122 13 18	2 6 32	2 6 0	2 5 0	
Serang.	"	26	7 13	320 15 34	1 50 33.5			
106 8 33			7 46	320 14 28.5	1 51 49			
+ 6 7 3	"	24	8 1	117 15 11	1 51 51.5	1 51 24 5	1 50 24.5	
Pontianak.	July	13	6 45	145 49 23	2 33 7			Observations on the 14th not very good. For all the next stations on Borneo the same remark as before applies; sun not bright, observations too late.
109 19 38			7 20	145 48 16.5	2 32 11			
+ 0 1 20	"	13	4 41	347 59 37.5	2 30 22.5			
	"	14	7 28	5 11 50	2 31 17 5			
			7 58	5 10 51.5	2 30 33.5	2 31 30.5	2 30 18.5	
Tajang.	"	16	9 4	86 23 26	2 22 1.5			
110 8 30	"	17	8 53	58 55 14	2 22 41	2 22 21.5	2 21 9.5	
0 0 0								
Sekadouw.	"	20	7 25	349 57 14	2 30 26			
110 56 15	"	20	4 5	149 39 23.5	2 26 16.5			
— 0 4 30			4 38	149 38 31	2 26 44	2 27 49	2 26 39	
Sintang.	"	22	4 18	101 53 42	2 22 33			Not exactly on the same spot.
111 30 56			4 50	101 53 9	2 22 46			
— 0 4 30	"	28	4 15	97 9 11	2 25 36			
			4 51	97 9 21	2 25 54	2 24 17.5	2 23 5 5	

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographic North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Nanga Pino.	'76 July 25	7h37m	138° 55'36".5	2° 28' 21"			
111° 43' 24"		8 35	138 55 1.5	2 27 5.5			
+ 0 19 24	" 26	7 5	46 51 35	2 28 30			
		7 44	46 51 13.5	2 29 41.5	2° 28' 24".5	2° 27' 12".5	
Soekadana.	Aug. 4	4 28	262 35 40.5	2 19 59.5			
109 56 25	" 5	8 3	106 21 28	2 22 4.5			
+ 1 14 33		8 35	106 23 5	2 21 35			
	" 5	4 33	59 24 16	2 18 41 5			
		5 8	59 24 54	2 18 13.5	2 20 7	2 18 43	
Singkawang.	10	6 55	286 45 36 5	2 16 46			
108 59 23		7 50	286 43 15	2 19 13.5			
— 0 54 53	" 10	4 19	319 4 25.5	2 13 37			
		4 48	319 4 24	2 14 31	2 16 34	2 15 10	
Tg. Pandan.	" 15	7 58	206 33 47	2 20 23			
(Billiton).		8 35	206 34 14	2 18 58.5			
107 38 29	" 16	7 10	142 35 52.5	2 20 25			
+ 2 44 39		7 44	142 35 5	2 20 52.5	2 20 10	2 18 46	
Mangar.	" 20	6 50	34 50 7	2 18 10.5			
(Billiton).		7 34	34 50 54	2 17 48.5			
108 15 30	" 21	6 59	151 38 40.5	2 18 22			
+ 2 52		7 48	151 39 20	2 16 42 5	2 17 46	2 16 22	
Benkoelen.	Sept. 24	4 0	333 14 19.5	2 2 40.5			
102 14 14	" 25	6 59	107 52 1	2 0 36.5			
+ 3 47 35	" 26	7 23	306 43 48	2 0 29.5			
		8 39	306 42 36	1 58 56.5	2 0 41	1 59 5	
Taba-Penan-	" 28	7 16	266 14 29.5	2 16 50.5			
djoeng.		7 49	266 12 59 5	2 18 30.5			
102 25 10	28	4 16	67 17 33	2 13 27			
+ 3 31 14		4 49	67 15 33	2 14 59.5			
	" 29	7 19	93 48 2 5	2 22 47.5			
		7 49	93 47 14.5	2 22 33	2 18 11.5	2 16 35.5	
Kepahiang.	Oct. 1	6 49	83 14 8	1 51 34.5			
102 38 43		7 19	83 13 39	1 50 53.5			
+ 3 33 35	" 2	7 8	84 52 20.5	1 50 44 5			
		8 1	84 52 54.5	1 49 53	1 50 46.5	1 48 58.5	
Keban-	" 3	7 8	27 32 42	2 33 15 5			A narrow valley, (see hor. intensity) which may account for the great anomaly. This station was rejected.
Agoeng.		7 40	27 31 27.5	2 35 25			
102 42 39	3	4 6	283 52 56	0 27 41.5			
+ 3 36 25		4 39	283 52 23	0 27 47			
Talang-Pa-	" 6	7 38	167 49 48	2 3 47			Sun hardly visible on both days.
dang.		8 30	167 51 14	2 2 1			
102 55 39	" 7	7 0	46 7 15	2 3 7.5	2 2 58.5	2 1 10.5	
+ 3 35 47							

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographical North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Tebing-Tinggi	'76 Oct. 12	7h23m	26° 35′ 30″	2° 0′ 20″			
103° 5′ 20″		7 55	26 34 11	2 2 14			
+ 3 34 58		8 18	26 32 25	2 3 52.5	2° 2′ 9″	2° 0′ 21″	
Koeboer.	" 14	6 42	77 30 39	2 1 26			
103 2 1		7 14	77 30 36	2 0 45.5			
+ 3 22 50	" 14	4 15	179 58 56.5	2 2 31			
		4 52	179 59 15	2 2 27.5	2 1 48.5	2 0 0.5	
Mocara-Bliti.	" 18	7 10	97 24 10	1 59 50			
103 2 10		7 46	97 23 28	1 59 32			
+ 3 16 16	" 18	4 22	280 25 56	2 4 19			
		4 54	280 27 19	2 3 43.5	2 1 51	2 0 3	
Mandie-	" 20	4 0	143 46 55	2 17 32.5			On the 21st the sun
Awoer.		4 34	143 46 28.5	2 16 19			was not very bright.
103 10 25	" 21	7 20	241 34 0	2 16 25			
+ 3 4 40		8 2	241 34 26.5	2 15 43.5	2 16 30	2 14 42	
Soengei-	" 22	3 36	135 34 2	2 21 35 5			
Pinang		4 4	135 35 6.5	2 19 48.5			
103 20 33	" 23	6 25	108 10 16	2 18 39			
+ 2 55 25		7 0	108 10 23.5	2 17 34	2 19 24.5	2 17 36.5	
Ngoelak.	" 24	7 37	305 26 14.5	2 10 28			In the morning the
103 24 4		8 21	305 25 33.5	2 10 56.5			sun was not bright.
+ 2 49 50	" 24	3 33	118 51 16	2 18 24			
		4 8	118 50 26	2 20 44	2 15 8	2 13 20	
Mocara-	" 26	7 4	61 1 2.5	2 9 37.5			
Poenjoeng.		7 53	60 59 32	2 10 23			
103 44 13	" 26	4 16	180 21 52.5	2 10 17.5			
+ 2 47 48		4 45	180 21 2	2 9 47	2 10 1.5	2 8 13.5	
Sekajoe.	" 28	6 43	117 54 39	2 13 41			
103 49 54		7 15	117 55 11	2 13 19			
+ 2 52 44	" 29	6 35	42 59 5	2 14 10			
		7 10	42 59 16	2 14 4	2 13 33.5	2 11 45.5	
Rantau-	Nov. 2	6 28	87 58 11	2 12 44			On the 3rd sky very
Bajoer.		7 43	87 57 33	2 12 14			clouded.
104 17 59	" 3	7 29	184 7 8	2 13 44			
+ 2 59 54		8 44	184 5 27	2 16 8	2 13 42.5	2 11 42.5	
Blian.	" 4	7 1	41 56 14.5	2 6 28			
104 24 31		7 36	41 55 45	2 6 50			
+ 3 1 1	" 5	6 49	96 27 9.5	2 6 28			
		7 21	96 27 36	2 6 39	2 6 36.5	2 4 36.5	
Palembang.	" 8	4 0	51 33 30.5	2 21 12			
104 45 16		4 29	51 34 30.5	2 20 14			
+ 2 59 26	" 9	6 49	105 3 51	2 18 16.5			
		7 34	105 2 37	2 19 33	2 19 49	2 17 49	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of the day.	Geographical North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	Remarks.
Batoe-Radja	'76 Nov. 16	6h44m	358 56′14″	2° 4′ 8.5′			Observations not very good.
104° 9′35″		7 18	358 56 26	2 4 1.5			
+ 4 8 44	" 17	7 8	177 35 9.5	2 5 28	2° 4′32″.5	2° 2′32″.5	
Doeren.	" 18	6 38	158 3 41	2 6 31.5			Very weak ground. Instrument often out of level.
104 17 57		7 38	158 4 56	2 4 49			
+ 3 58 38	" 19	6 38	330 40 33	2 3 22			
		7 23	330 41 10.5	2 1 57	2 4 10	2 2 10	
Mocara-Koeang.	" 20	7 6	87 27 36.5	2 12 13.5			
		7 41	87 27 54	2 12 31			
104 56 39	" 21	3 41	140 8 48.5	2 15 31			
+ 3 37 55		4 8	140 9 4	2 14 46	2 13 45.	2 11 45.5	
Tandjoeng-Radja.	" 23	6 33	332 22 4	2 12 48			
		7 25	332 18 57	2 14 8			
104 48 38	" 23	4 8	82 57 50.5	2 9 32			
+ 3 11 37	" 24	6 58	64 37 12.5	2 12 45	2 12 18.5	2 10 18.5	
Muntok.	" 30	7 13	324 38 49.5	2 16 18			
105 9 17		7 47	324 38 53	2 15 39.5			
+ 2 3 55	Dec. 1	7 13	82 25 58	2 14 22			
		7 45	82 27 12	2 14 13	2 15 8	2 13 2	
Riouw.	" 13	6 53	69 55 19	2 29 58.5			Weather very bad.
104 25 43		7 28	69 54 45.5	2 29 52			
— 0 55 50	" 14	6 59	288 36 43	2 32 17			
		7 30	288 36 38	2 32 32	2 31 10	2 28 58	
Serawak.	" 27	7 11	330 40 32	2 29 28			
110 23 37		7 44	330 40 0	2 30 17.5			
— 1 34 20	" 28	6 48	53 23 59	2 27 33.5			
		7 18	53 23 25	2 28 25	2 28 56	2 26 44	
Singapore.	'77 Jan. 4	4 13	104 48 47.5	2 34 40			
103 50 44		4 43	104 49 37.5	2 34 52.5			
— 1 17 31	" 5	6 59	323 32 31	2 34 46.5			
		7 30	323 32 38	2 34 19.5	2 34 39.5	2 32 15.5	
Karimon.	" 9	4 26	189 50 40.5	2 33 12			
103 26 24		4 55	189 52 1	2 32 14			
— 0 59 10	" 10	6 53	40 39 1	2 30 29			
		7 31	40 38 59	2 31 18.5	2 31 48.5	2 29 24.5	
Poeloe-Pisang.	" 11	7 4	80 32 0	2 30 57.5			
103 11 45		7 50	80 31 36	2 31 51.5			
— 1 28 55	" 12	7 31	52 26 3	2 31 47			
		8 0	52 25 35.5	2 34 57	2 32 23.5	2 29 59.5	
Tandjoeng-Tor.	" 13	6 35	207 38 47.5	2 32 45			
		7 17	207 39 16	2 33 16.5			
102 37 45	" 14	6 48	272 30 23	2 32 44.5			
— 1 52 15		7 29	272 28 11.5	2 34 38.5	2 33 21	2 30 57	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of the day.	Geographical North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	Remarks.
Malakka.	1877 Jan. 16	7h19m	302° 9′ 39″	2° 36′ 16.5″			Windy weather.
102° 12′ 15″		7 38	302 8 52.5	2 33 40			
— 2 11 30	" 17	7 3	170 6 17.5	2 35 55			
		7 40	170 7 39	2 34 41	2° 35′ 7.5″	2° 32′ 43.5″	
Selangore.	" 23	6 49	203 59 43	2 39 22			
101 13 45		7 19	204 2 2	2 36 53			
— 3 20 0	" 24	6 53	84 47 28	2 38 17			
		7 38	84 47 47	2 37 3	2 37 54	2 35 30	
Kalang.	" 29	6 31	206 54 44.5	2 36 6			Soft ground.
101 27 15		7 25	206 55 13.5	2 35 9			
— 3 3 20	" 30	6 57	209 9 15.5	2 32 54.5			
		7 ?	209 10 18	2 33 32	2 34 25.5	2 32 1.5	
Poeloe-Dending.	Febr. 4	6 52	147 11 21	2 36 25			
		8 20	147 10 36	2 36 44			
100 15 40	" 5	6 38	217 17 50	2 38 37.5			
— 5 24 40		7 33	217 18 43	2 36 44.5	2 37 8	2 34 32	
Pemattan.	" 9	6 38	209 12 2.5	2 38 37.5			
100 40 ?		7 51	209 11 30.5	2 40 22			
— 4 44 ?	" 10	7 5	215 1 5.5	2 40 9.5			
		7 36	215 0 55	2 41 37.5	2 40 21.5	2 37 45.5	
Georgetown (Pinang).	" 15	6 58	340 24 9	2 37 43.5			
		7 34	340 22 50	2 38 57.5			
100 15 40	" 16	6 55	221 15 56	2 38 44.5			
— 5 24 40		7 30	221 15 17	2 38 20.5	2 38 21	2 35 45	
Olehleh.	" 24	6 50	346 1 36	2 23 44			
95 18 55		7 28	346 1 38.5	2 23 11.5			
— 5 37 50	" 25	6 48	335 19 15	2 22 17.5			
		7 20	335 19 41	2 21 51.5	2 22 46	2 20 10	
Pedir.	" 28	7 10	350 43 26	2 24 54.5			Between the first and second observation on the 28th the instrument was found to be out of level.
95 59 20		7 41	350 41 31	2 26 34			
— 5 23 20	March 1	7 4	211 58 55	2 27 45			
		7 34	211 58 38.5	2 28 54	2 27 1	2 24 19	
Edi.	" 7	6 59	26 27 8	2 32 29			
97 45 30		7 30	26 28 5.5	2 34 22			
— 4 48 30	" 7	4 39	129 32 24.5	2 34 55.5	2 33 1.5	2 30 13.5	
Poeloe-Bras.	" 13	6 44	343 55 31.5	2 20 41			
95 6 44		7 20	343 54 51	2 21 49			
— 5 44 42	" 14	6 43	227 50 40	2 20 36			
		7 15	227 52 37	2 21 19.5	2 21 6.5	2 18 18.5	
Padang.	" 26	6 46	217 54 8	3 3 22			As all the values look rather doubtful I thought it better to leave Padang out altogether.
100 20 40		7 24	217 54 11.5	3 3 11			
+ 0 57 34	" 27	6 49	342 20 54	2 33 6			
		7 19	342 20 45	2 32 52.5			

NAME OF STATION. LONGITUDE. LATITUDE.	DATE.	Hour of the day.	Geographical North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	REMARKS.
Solok.	'77 April 5	4h 9m	309° 57′ 40″	2° 32′ 50″			At this and the next five stations the weather was constantly very unfavourable.
100° 50′ 22″		4 39	309 56 18	2 32 59.5	2° 32′ 55″	2° 29′ 55″	
+ 0 46 40							
Sidjoendjoeng.	" 9	7 58	296 21 18.5	2 11 21.5			
101 14 7		8 28	296 20 2	2 13 13			
+ 0 41 27	" 9	4 49	119 35 47.5	2 18 0	2 14 11.5	2 11 11.5	
Boea.	" 12	6 48	125 57 4	2 23 31			
101 2 37		7 18	125 57 41	2 23 24	2 23 27.5	2 20 27.5	
+ 0 27 30							
Fort van de	" 15	6 51	249 35 56.5	2 23 36			
Capellen.		7 19	249 35 33.5	2 26 12			
100 37 35	" 16	7 15	206 17 47	2 24 0.5			
+ 0 27 10		7 48	206 17 29	2 23 16	2 24 16.5	2 21 16.5	
Pajakombo	" 18	4 20	123 5 19.5	2 20 48			
100 59 22		4 48	123 5 34	2 20 46			
+ 0 12 40	" 19	4 1	269 17 15	2 17 42.5	2 19 45.5	2 16 45.5	
Padang-	" 24	6 44	248 21 36.5	2 30 31			The observations on the 27th are of inferior quality.
Pandjang.		7 19	248 22 28	2 29 49			
100 37 12	" 27	6 46	141 30 57	2 29 13			
+ 0 21 34		7 20	141 32 9.5	2 28 58	2 29 38	2 26 38	
Fort de Kock.	" 28	6 55	133 58 11.5	2 1 51			
100 19 7		7 26	133 58 12	2 0 48			
+ 0 20 30	" 29	7 0	118 7 12	2 1 45.5			
		7 30	118 6 34.5	2 1 25.5	2 1 27.5	1 58 27.5	
Manindjoe.	May 2	6 30	138 13 40	2 29 40			
100 8 39		7 53	138 12 20	2 30 55			
+ 0 12 35	" 3	6 45	42 59 45	2 32 32.5			
		8 0	43 0 16	2 31 21.5	2 31 7.5	2 27 55.5	
Palembajan.	" 5	6 36	159 1 12	2 25 15.5			
100 4 52		7 9	159 0 53	2 25 44.5			
+ 0 11 18	" 6	6 41	75 55 50	2 25 0			
		7 18	75 55 40	2 24 35	2 25 9	2 21 57	
Si-Pisang.	" 7	4 50	281 44 33	2 34 14.5			During the last observation one of the suspension threads broke, so that an error on account of the torsion is probable.
100 6 38	" 8	6 55	89 25 12	2 28 8			
+ 0 7 29		7 25	89 25 35	2 27 15	2 29 25.5	2 26 40.5	

Name of station. Longitude. Latitude.	Date.	Hour of the day.	Geographical North.	Magnetic declination.	Mean.	Mean, corrected to January 1876.	Remarks.
Bonjol	'77 May 9	7h25m	306° 12′ 29″	2° 20′ 28.5″			At this station and the previous one very bad weather. I cannot account for the great difference between the two days.
100 8 7		8 4	306 14 40.5	2 18 54			
+ 0 0 27	" 10	7 15	250 10 9	2 29 8 5			
		8 8	250 9 9	2 29 43.5	2° 24′ 33 5″	2° 21′ 21.5″	
Rau.	" 17	7 19	204 32 53.5	2 28 55			
99 51 22		7 50	204 32 17	2 29 28			
— 0 33 33	" 17	4 19	248 52 58	2 32 2			
		4 49	248 54 17.5	2 30 50	2 30 19	2 27 7	
Penjangei.	" 21	6 28	57 9 11	2 27 46.5			
99 46 42		7 3	57 9 6	2 27 26.5	2 27 36.5	2 24 24.5	
— 0 35 53							
Batoeng.	" 22	8 8	56 42 56	2 19 4			
99 41 54		8 40	56 41 35.5	2 20 57			
— 0 39 24	" 23	6 50	166 5 20	2 17 12.5			
		7 23	166 6 25	2 16 55	2 18 32	2 15 20	
Kotta-Nopan.	" 24	6 43	6 23 21	2 17 24			
99 37 22	" 25	6 30	123 0 28	2 16 32			
— 0 42 26		7 3	122 59 59	2 16 16			
	" 25	5 5	258 50 29.5	2 15 3	2 16 19	2 13 7	
Penjaboengan.	" 27	6 46	118 49 1.5	2 28 58.5			
99 26 57		7 20	118 48 25.5	2 29 44.5			
— 0 51 22	" 28	6 42	0 23 13	2 31 3			
		7 21	0 23 3	2 30 10.5	2 29 59	2 26 47	
Tana-Batoe.	" 30	7 34	3 1 7	2 19 18			
99 25 22		7 59	3 0 40	2 19 17.5	2 19 18	2 16 6	
— 0 44 52							
Natal.	June 4	6 33	293 24 9	2 12 33.5			
99 6 15		7 19	293 24 12	2 13 50.5			
— 0 33 17	" 5	6 44	332 9 18	2 14 34			
		7 23	332 9 47	2 13 43	2 13 40.5	2 10 16.5	
Siboga.	" 9	6 45	193 4 6.5	2 11 46			
98 45 50		7 14	193 3 16.5	2 12 21	2 12 3.5	2 8 39.5	
— 1 44 21							
Sinkel.	" 11	7 34	358 46 48	2 9 42			
97 44 40		8 5	358 46 13	2 10 12			
— 2 16 47	" 12	4 20	105 22 5.5	2 8 42			
		4 54	105 20 55	2 10 15	2 9 58	2 6 34	

CONCLUSION.

In the first place I wish to give a succinct recapitulation of all the observations, showing only the general mean for each station, as I was able to reduce it to one common epoch. This will, at the same time, afford an opportunity for giving full particulars as to the geographical position of my stations, which I have hitherto withheld, as all the places were not entered in every table, because in a great many of them I did not observe all the constants. The column in the following table, which succeeds those of the longitudes and latitudes, contains the undermentioned letters, which I will explain thus:

O. means: observed by Dr. OUDEMANS, chief Engineer of the Geographical service, now Professor of astronomy at the Utrecht University.

U. „ observed by my temporary assistant, Mr. UKENA.

N. „ observed by officers, either of the Royal or of the Colonial NAVY.

E. „ observed by Captain ELLIOT during his magnetic survey of the Indian Archipelago in the years 1847—1849.

M. „ taken from the map.

The succession in which I here place these letters indicates at the same time the degree of certainty which, as a rule, I assign to the different figures, though, of course, it is very possible, that an observation made under unfavourable circumstances, though by the best of observers, may be inferior to a position taken from a good map. Also, some observations with N. are certainly better than those of Mr. UKENA, who, excellent observer as he was, had only my own three chronometers to work with, of which one was not to be relied on at the time. In fact, I know that some of his positions have since been revised by other persons and that slight errors have been found, but I could get no better figures. I must add, with profound regret, that I have since received notice that Mr. UKENA has fallen a victim to the treacherous climate.

A few of the places marked O have not, indeed, been observed by Dr. OUDEMANS himself, but he thought them well enough observed to incorporate them in his own list of geographical positions. The letter N comprises both those determinations which have been done expressly for me, and those older ones which were kindly communicated to me.

If in some places my position differs from that given by the authorities whose names I quote, the fact is owing to my not having been always able to observe exactly on the same spot selected by them, and I had therefore to reduce my stations as well as I could to theirs. In most cases, however, the difference is slight and where I have been in doubt, I note the fact in my remarks in the next table.

As I have already stated, I applied a correction to the figures of Captain ELLIOT. In his time neither Singapore nor Batavia had even been properly

determined, and therefore it is no wonder that his positions are imperfect, especially if one reads in the Philosophical Transactions what he says about his Chronometers. The correction was obtained by comparing those places (they are rather numerous) where Dr. OUDEMANS observed after him. The mean of the difference between the determinations of these two gentlemen was applied to ELLIOT's figures. As a rule I was able to find out almost beyond doubt the exact spots where ELLIOT's observations were made. In the few cases where I am not quite sure, the difference cannot be great, as the majority of East-Indian villages are small, and their peculiar arrangement makes it very probable that any observer, without premeditation, would select the same spot, or very nearly so. These hamlets have always some open square, which offers a beautiful site for observations. Around this square, as a rule, are distributed the fort, the government buildings, and the houses of the few Europeans who reside there. Every European travelling through the country generally takes up his quarters in one of these houses; therefore nothing is more natural, than that, when chosing a place for making his observations, a surveyor should select the open square or one of the adjacent gardens; so even in the few cases which admit of a doubt as to my having stood on the identical spot from which ELLIOT observed, I feel tolerably sure „a priori" that I could not have been far from it.

As to the maps, I consulted the best I could find, and those of the Western part of the Archipelago are good enough, while those of the Eastern part are generally less perfect. But only very few stations have been taken from the map, and they were found in the following manner, viz: I took, from the map, the difference in longitude and latitude between the place I wanted to find, and the three or four nearest observed places, and applied it to the observed figures for the surrounding places. In this way I got three or four positions for the place I wanted, and took the mean of them. On the Westcoast of Malakka I could only take the positions directly from the map, also these have been given to 15′ only.

In the last column are given, as well as is possible in an abridged form, some notices as to the exact spot where I observed. This may be of value to future surveyors. As the place in question was often some garden, to avoid repetition, it should be understood that „Resident" means „garden of Resident's house", and „Hotel" means „garden of d°." In some cases, all the observations have not been made exactly on the same spot, though the distance is short (except at Semarang). In that case the sign* is added in the last column, and the position given is the one for the declination. As to the magnetic observations themselves, I have already made any remarks I had to make. I have only added for every constant two columns, showing for each station the number of single observations and the number of days on which they were taken. The days on which morning and afternoon observations were made are counted as two days.

TAB

CONTAINING THE GENERAL RESULT O

NAME OF STATION.	LONGITUDE.	LATITUDE.	Authority.	Declination corrected to January 1876.	Number of observations.	Number of observation days.	Inclination corrected to the mean for 1876.
Batavia	106° 48′ 8″	+ 6° 9′ 48″	O	1° 40′ 56″	4	2	27° 37′ 87
Buitenzorg	106 47 22	+ 6 35 44	O	1 41 21	6	3	
Tjandjoer	107 8 0	+ 6 49 27	O	1 54 15	4	2	
Pelaboean-Ratoe	106 31 20	+ 6 59 30	O				29 35.18
Bandoeng	107 36 5	+ 6 55 22	O	1 49 24	3	2	28 50.83
Soemedang	107 59 21	+ 6 50 48	E	1 47 45	3	2	
Cheribon	108 33 58	+ 6 42 55	O	1 51 50	6	3	28 17 06
Tegal	109 7 49	+ 6 51 10	O	1 54 28	6	3	
Pekalongan	109 40 9	+ 6 52 37	O				28 27.51
Semarang	110 25 6	+ 6 58 2	O	1 43 24	2	1	28 21.37
Tjelatjap	109 0 16	+ 7 44 27	O	2 3 57	5	3	
Banjoemas	109 17 1	+ 7 31 46	O	1 54 52	6	3	
Poerworedjo	110 0 1	+ 7 42 54	O	1 44 17	4	2	
Magelang	110 12 33	+ 7 28 27	O	1 35 34	4	2	
Ambarawa	110 23 56	+ 7 15 36	O	1 52 25	4	2	
Djokjokarta	110 21 29	+ 7 48 13	O	1 33 16	6	3	29 58.27
Soerakarta	110 49 29	+ 7 33 56	O	1 37 15	4	2	29 29.32
Madioen	111 30 48	+ 7 37 11	O				30 1.88
Prigi	111 42 27	+ 8 16 47	[2]				31 54.69
Karimon Djawa	110 25 11	+ 5 52 56	O	2 4 21	4	2	26 12.79
Pati	111 1 9	+ 6 45 20	O	1 53 3	6	3	
Rembang	111 20 14	+ 6 42 18	O	1 52 26	6	3	
Toeban	112 3 42	+ 6 53 41	O	1 51 12	5	3	
Soerabaja I	112 43 55	+ 7 15 30	O	1 46 58	3	3	28 34.05
Soerabaja II	112 39 7	+ 7 15 35	E	1 59 19	4	2	
Sangkapoera	112 38 52	+ 5 51 18	O	1 59 0	3	3	25 44.36
Probolinggo	113 12 44	+ 7 44 6	O	2 6 17.5	5	5	29 23.37
Soemenep	113 53 45	+ 7 2 30	O	1 47 21	3	3	27 46.59
Boeleleng	115 3 33	+ 8 7 33	O	1 26 37	4	4	30 11.31
Ampenan	116 3 40	+ 8 34 15	O	1 49 29	5	5	30 55.03
Makassar	119 23 41	+ 5 8 8	O	1 38 52.5	4	4	23 37.98
Saleier	120 27 26	+ 6 7 2	O	2 9 44	4	4	25 46.78
Koepang	123 33 44	+ 10 9 49	O	1 37 16	4	4	32 58.17
Larantoeka	122 58 10	+ 8 19 20	M	0 50 44	2	2	29 25.34
Dilli	125 34 0	+ 8 34 0	O	1 49 40	5	5	29 32.11
Bima	118 43 55	+ 8 27 0	O	1 30 4	6	6	30 49.15
Gisser	130 52 35	+ 3 52 29	O	2 15 16.5	4	4	20 33.28
Amboina	128 10 0	+ 3 41 30	O	2 4 33	4	4	19 59.81
Banda	129 53 0	+ 4 31 53	O	1 47 55	3	3	21 57.52
Batjan	127 28 3	+ 0 38 3	O	2 0 25	5	5	13 29.98
Ternate	127 22 21	− 0 47 13	O	1 48 27	5	5	10 40.99
Kajeli	127 6 0	+ 3 22 46	O	1 58 20	2	2	19 22.62
Wahaai	129 28 32	+ 2 47 38	O	2 2 16	4	4	18 22.17
Lolobato	128 6 0	− 1 17 0	M[3]				10 8.68
Menado	124 49 47	− 1 29 39	O	2 2 29	3	3	9 29.12
Gorontalo	123 2 50	− 0 30 10	O	2 2 41	3	3	12 8.17

I. E IV.

A.I. THE MAGNETIC OBSERVATIONS.

Number of observations.	Number of observation days.	Horizontal Intensity corrected to the mean for 1876.	Number of observations.	Number of observation days.	Description of station.
10	5	8.0035	11	6	Dr. Bergsma's observatory. Declination observed in court of palace.
					Palace.
		7.9269	8	2	Assistant-Resident.
12	5	7.9672[1])	11	6	Near to the flagstaff on the beach.
12	5	8.0045	10	5	Aloen-Aloen (open square). *
					Hotel.
1	7	7.9892	12	6	Flagstaff on the beach. *
		7.9718	12	2	Flagstaff on the beach. *
12	2				Resident.
13	6	7.9829	28	7	Marine observatory. Dip and Intensity: Resident.
		7.9490	7	2	Assistant-Resident.
					Resident.
					Aloen-Aloen.
					Resident.
		8.0459	18	3	Assistant-Resident.
8	3	8.0107	18	3	Resident. *
8	2				Resident. *
12	6	7.9348	10	5	Resident.
12	6	7.9320	10	5	Pasangrahan (small inn, belonging to the government).
7	2	8.0542	7	2	Flagstaff.
		8.0484	8	3	Resident.
					Resident.
					Assistant-Resident.
12	6	8.0818	14	7	Mr. Peereboom Voiler.
					Mr. Hovy.
11	6	8.0954	10	5	Assistant-Resident.
11	6	8.0175	10	5	Resident
12	6	8.0901	10	5	Assistant-Resident.
12	6	8.0271	10	5	Assistant-Resident.
10	6	8.0467	10	5	Flagstaff.
10	7	8.1881	9	5	Near to flagstaff, fort.
10	7	8.1743	10	5	Square before *Controleur*'s house.
8	4	8.0315	8	4	Resident.
12	6	8.0623	10	5	Different stations, not far from settlement.
14	7	8.1132	10	5	Governor.
10	5	7.9890	10	5	On the road, next to *Controleur*'s house.
10	5	8.2405	10	5	Coalsheds.
9	5	8.2977	10	5	Open square, in front of tribunal.
7	6	8.1944	10	5	An open space near Assistant-Resident.
10	6	8.2723	9	5	Front of church.
9	5	8.2686	10	5	Different places on the beach, all near flagstaff.
8	4	8.2526	8	4	Garden near the fort.
9	3	8.2459	9	3	Beach near the fort.
8	3	8.2329	8	3	Village (deserted).
9	4	8.2916	8	4	Resident.
9	5	8.2531	8	4	Assistant-Resident.

Name of station.	Longitude	Latitude.	Author-ity.	Declination corrected to January 1876.	Number of observations.	Number of observation days.	Inclination reduced to the mean for 1876
Tomini	120° 32′ 1″	— 0° 30′ 20″	O [4]	1° 44′ 30″	2	2	12° 3′.09
Parigi	120 10 6	+ 0 48 30	O	2 3 35	2	2	14 47.88
Mogo	120 0 23	+ 0 26 29	O	2 31 54	3	3	14 2.66
Mantawaloe	123 5 3	+ 0 23 36	O	1 52 45	3	3	14 10.12
Pondang	124 28 5	— 0 26 13	O	2 25 15	4	2	
Kema	125 4 17	- 1 21 44	O	1 56 15	6	3	
Madjene	118 57 36	+ 3 33 10	O	1 52 21	3	2	20 38.29
Mamoedjoe	118 52 50	+ 2 40 8	O [5]	2 6 35	6	4	18 51.56
Krosa	119 12 0	+ 1 49 30	[6]	2 1 45	2	1	17 1.50
Doellah	132 44 12	+ 5 33 53	O	2 25 40	2	1	23 58.83
Feer	132 54 20	+ 5 53 40	[7]				
Dobbo	134 20 40	+ 5 44 30	N	2 37 26	4	3	24 17.66
Meiriri	134 24 0	+ 5 33 30	[8]	2 58 34	2	1	25 5.79
Amahaai	128 56 0	+ 3 19 40	N	1 59 25	8	4	19 42.65
Haja	129 33 37	+ 3 24 11	O	2 1 46	6	3	19 2.55
Saparoea	128 38 36	+ 3 34 37	O	2 0 47	1	1	
Bandjermasin	114 34 38	+ 3 18 15	O	1 59 6	6	3	20 30.92
Sampit	112 57 4	+ 2 29 31	N [9]	2 5 36	2	1	
Martapoera	114 49 28	+ 3 28 45	N	2 5 25	3	2	
Mantalat	114 52 56	+ 1 22 51	N	2 10 33	4	2	16 33.79
Marabahan	114 37 24	+ 2 56 35	M				19 51.81
Amoentai	115 11 5	+ 2 18 34	N	2 6 49	3	2	
Anjer	105 54 34	+ 6 3 13	O	2 1 35	5	3	27 21.26
Teloek Betoeng	105 14 44	+ 5 25 31	E	1 51 1.5	4	2	26 28.83
Katimbang	105 36 45	+ 5 49 20	N	2 2 34.5	6	3	27 9.53
Ketapan	105 48 30	+ 5 45 10	M	1 52 33.5	4	2	
Krakatahoe	105 27 30	+ 6 7 20	M	2 5 0	4	2	
Serang	106 8 33	+ 6 7 3	O	1 50 24.5	3	2	
Pontianak	109 19 38	+ 0 1 20	O	2 30 18.5	5	3	14 43.13
Tajang	110 8 30	0 0 0	N	2 21 9.5	2	2	
Sekadouw	110 56 15	— 0 4 30	N	2 26 37	3	2	14 16.76
Sintang	111 30 56	— 0 4 30	N	2 23 5.5	4	2	
Pino	111 43 24	+ 0 19 24	N	2 27 12.5	4	2	14 15.70
Soekadana	109 56 25	+ 1 14 33	O	2 18 43	5	3	17 4.44
Singkawang	108 59 23	— 0 54 53	O	2 15 10	4	2	
Tandjoeng-Pandan	107 38 29	+ 2 44 39	O	2 18 46	4	2	20 44.68
Mangar	108 15 30	+ 2 52	N	2 16 22	4	2	
Benkoelen	102 14 14	+ 3 47 35	O	1 59 5	4	3	24 34.72
Taba-Penandjoeng	102 25 10	+ 3 31 14	U	2 16 35.5	6	3	
Kepahiang	102 38 43	+ 3 33 35	U	1 48 58.5	4	2	23 33.11
Keban-Agoeng	102 42 39	+ 3 36 25	U				
Talang-Padang	102 53 39	+ 3 35 47	U	2 1 10.5	3	2	
Tebing-Tinggi	103 5 20	+ 3 34 58	U	2 0 21	3	1	23 31.18
Koeboer	103 2 1	+ 3 22 50	U	2 0 0.5	4	2	
Moeara-Bliti	103 2 10	+ 3 16 16	U	2 0 3	4	2	
Mandie-Awoer	103 10 25	+ 3 4 40	U	2 14 32	4	2	22 32.61
Soengei-Pinang	103 20 33	+ 2 55 25	U	2 17 36.5	4	2	
Ngoelak	103 24 4	+ 2 49 50	U	2 13 20	4	2	22 2.56
Moeara Poenjoeng	103 44 13	+ 2 47 48	U	2 8 13.5	4	2	
Sekajoe	103 49 54	+ 2 52 44	U	2 11 45.5	4	2	
Donatjala	104 6 2	+ 2 55 19	M				22 13.64
Rantau-Bajoer	104 17 59	+ 2 59 54	U	2 11 42.5	4	2	
Karang-Dalam (Blian)	104 24 31	+ 3 1 1	U	2 4 36.5	4	2	

Number of observations.	Number of observation days.	Horizontal Intensity corrected to the mean for 1876.	Number of observations.	Number of observation days.	Description of station.
9	4	8.3300	9	4	Beach.
8	3	8.2819	8	4	Beach.
8	3	8.2535	7	3	Beach *.
9	3	8.2951	8	4	Beach.
		8.2335	8	2	Beach.
		8.2925	12	2	Beach.
10	4	8.2410	8	3	Square before the Radja's house.
8	4	8.2551	8	3	Beach before the Radja's house.
2	1	8.2561	2	2	Beach.
3	1	8.2214	3	1	Beach, near to mosque.
		8.2101	7	1	Beach.
8	4	8.2114	8	3	Beach.
2	1	8.1975	3	1	The large island opposite the village; beach facing to the North.
10	4	8.2587	8	4	*Controleur.*
10	4	8.2566	8	3	Beach near to Radja's house.
		8.2593	12	2	Beach.
9	5	8.1801	9	5	Resident.
		8.2181	10	2	*Controleur.*
		8.2048	8	2	Assistant Resident.
7	3	8.2593	7	3	Behind a house, a hundred yards up the Mantalat River.
6	2	8.2040	8	2	Behind the fort.
		8.1999	9	2	Assistant-Resident.
6	3	7.9550	7	3	Beach, near the fort.
6	3	7.9662	7	3	Resident.
7	3	7.9594	7	2	*Controleur.*
		7.9703	8	2	Beach.
					Beach.
					Resident.
7	3	8.2684	6	3	Resident.
		8.3048	7	2	Bank of the river.
6	3				Bank of the river.
		8.2429	8	2	Assistant-Resident.
7	3	8.2531	8	3	*Controleur.*
7	3	8.2471	7	3	River's bank, near to house of civil commandant.
		8.2989	9	2	Near the barracks.
8	3	8.1541	6	3	Assistant-Resident.
		8.1585	8	2	Behind the house of the administrator of the tin mines.
6	3	7.9723	7	3	A triangular piece of grass near the hotel.
		8.0307	8	2	*Controleur* (a hundred yards in front of the garden).
7	2				*Controleur* (open square in front).
		8.1464	8	2	Pasangrahan.
		7.9967	8	2	Pasangrahan.
7	2				Assistant-Resident (open square in front).
		8.0361	8	2	Pasangrahan.
		8.0387	8	2	*Controleur.*
7	2				Pasangrahan.
		8.0632	6	2	Village.
7	2				Village.
		8.0713	8	2	Village.
		8.0838	8	2	*Controleur.*
7	2				Village.
		8.0945	7	2	Village
		8.0678	7	2	Village

Name of station.	Longitude.	Latitude.	Authority.	Declination corrected to January 1876.	Number of observations.	Number of observation days.	Inclination reduced to the mean for 1876.
Palembang	104° 45′ 16″	+ 2 59′ 26″	O	2° 17′ 49″	4	2	22° 0′.46
Batoe-Radja	104 9 35	+ 4 8 44	U	2 2 32 5	3	2	24 27.31
Doeren	104 17 57	+ 3 58 38	U	2 2 10	4	2	
Moeara-Koeang	104 56 39	+ 3 37 55	U	2 11 45.5	4	2	23 12.77
Tandjoeng-Radja	104 48 38	+ 3 11 37	U	2 10 18.5	4	2	
Muntok	105 9 17	+ 2 3 55	O	2 13 2	4	2	19 38.96
Riouw	104 25 43	— 0 55 50	O	2 28 58	4	2	13 45.98
Serawak	110 23 37	— 1 34 20	E	2 26 44	4	2	11 1.41
Singapore	103 50 44	— 1 17 31	O	2 32 15.5	4	2	13 6.55
Karimon	103 26 24	— 0 59 10	M [10])	2 29 24.5	4	2	
P. Pisang	103 11 45	— 1 28 55	M	2 29 59.5	4	2	13 3.69
Tandjoeng-Tor	102 37 45	— 1 52 15	M	2 30 57	4	2	
Malakka	102 12 15	— 2 11 30	M	2 32 43.5	4	2	11 48.47
Salangore	101 13 45	— 3 20 0	M	2 35 30	4	2	
Kalang	101 27 15	— 3 3 20	M	2 32 1.5	4	2	10 11.08
P. Dinding	100 34 0	— 4 12 15	M	2 34 32	4	2	7 45.84
Pemattan	100 40	— 4 44	M	2 37 45.5	4	2	
Georgetown	100 15 40	— 5 24 40	M	2 35 45	4	2	5 6.70
Olehleh	95 18 55	— 5 37 50	N	2 20 10	4	2	6 14.13
Pedir	95 59 20	— 5 23 20	N	2 24 19	4	2	6 28.85
Edi	97 45 30	— 4 58 30	N	2 30 13.5	3	2	
P. Bras	95 6 44	— 5 44 42	N	2 18 18.5	4	2	
Padang	100 20 40	+ 0 57 34	O				19 51.44
Solok	100 50 22	+ 0 46 40	E	2 29 55	2	1	
Sidjoendjoeng	101 14 7	+ 0 41 27	E	2 11 11.5	3	2	18 25.77
Boea	101 2 37	+ 0 27 30	E	2 20 27.5	2	1	
Fort van de Capellen	100 37 35	+ 0 27 10	E	2 21 16.5	4	2	18 9.63
Pajakombo	100 59 22	+ 0 12 40	E	2 16 45.5	3	2	17 17.21
Padang Pandjang	100 37 12	+ 0 21 34	E	2 26 38	4	2	18 14.15
Fort de Kock	100 19 7	+ 0 20 30		1 58 40.5	3	2	
Manindjoe	100 8 39	+ 0 12 35	E	2 27 55.5	4	2	
Palembajan	100 4 52	+ 0 11 18	E	2 21 57	4	2	17 28.60
Si-Pisang	100 6 38	+ 0 7 29	E	2 26 40.5	3	2	
Bonjol	100 8 7	+ 0 0 27	E	2 21 21.5	4	2	17 14.65
Loeboe-Sikapping	99 58 45	— 0 7 33	M				
Salibawan	99 56 15	— 0 12 33	M				
Rau	99 51 22	— 0 33 33	E	2 27 7	4	2	16 13.44
Penjangei	99 46 42	— 0 35 53	E	2 24 24.5	2	1	
Batoeng	99 41 54	— 0 39 24	E	2 15 20	4	2	16 8.34
Kota Napan	99 37 22	— 0 42 26	E	2 13 7	4	3	
Penjaboengan	99 26 57	— 0 51 22	E	2 26 47	4	2	
Tana Batoe	99 25 22	— 0 44 52	E	2 16 6	2	1	15 44.20
Natal	99 6 15	— 0 33 17	O	2 10 16.5	4	2	16 15.92
Siboga	98 45 50	— 1 44 21	O	2 8 39.5	2	1	
Singkel	97 44 40	— 2 16 47	O	2 6 34	4	2	13 0.45

[1]) An error is here corrected which has been inadvertently left in Part II of these papers, where the horizontal intensity for Pelaboean-Ratoe is stated to be 7.9522.

[2]) This position was deduced at the Topographical office, Batavia, from the triangulation of Java, and kindly communicated to me.

[3]) Not certain; map very bad in those parts.

[4]) At this and the next four stations, especially Pondang, I was not quite sure as to the exact spot where the observations of Dr. Oudemans were made. In the list which I had at the time, the description of the exact spot was not always quite clear. The same remark applies to [5]).

Number of observations.	Number of observation days.	Horizontal Intensity corrected to the mean for 1876.	Number of observations.	Number of observation days.	Description of station.
8	3				Resident.
7	3	8.0061	8	3	*Controleur.*
		8.0371	8	2	Village.
8	3	8.0801	8	3	Village.
		8.0790	8	2	*Controleur.*
8	4	8.1348	9	4	Flagstaff on the beach.
8	4	8.2258	7	3	Resident.
6	2	8.2960	6	2	Radja Brooke.
8	3	8.2353	8	4	Square between the hotel and the beach.
		8.2229	6	2	*Controleur.*
7	2				Beach.
		8.2425	7	2	Beach.
7	3	8.2484	8	3	Flagstaff.
		8.2670	8	2	Fort.
6	3	8.2637	8	4	Near Resident's house.
4	2				Beach.
		8.2989	8	2	Near Resident's house.
8	4	8.3161	8	4	Grassplot near Scotch (?) church.
7	3	8.2465	7	3	Beach, a little N. of the landing-place.
8	4	8.2862	8	4	Mouth of river.
		8.2823	8	2	Beach, near the fort.
		8.2671	8	4	Square.
8	4	8.0372	8	4	Beach, near to mouth of river.
		8.1386	7	2	Assistant-Resident.
7	3	8.1286	7	3	*Controleur.*
		8.1430	8	2	*Controleur.*
7	2				Square, before Assistant-Resident's house.
7	3	8.1695	8	3	Hotel.
8	4	8.0653	7	4	Hotel.
		8.1747	8	2	Square between Hotel and barracks.
		8.1070	7	2	*Controleur.* *
7	2				*Controleur.*
		8.2025	7	2	Pasangrahan.
7	2				Square.
		8.1746	8	2	Pasangrahan.
		8.1143	8	2	Pasangrahan.
6	2	8.1798	8	3	*Controleur.*
		8.1349	7	2	Village.
6	2				Village.
		8.1489	8	2	*Controleur.*
		8.1941	8	2	*Controleur.*
8	2				Pasangrahan.
6	3	8.1199	8	3	*Controleur.*
		8.1889	3	1	Flagstaff on the beach.
8	4	8.1968	6	3	Near to *Controleur*'s house.

[illegible] from 4 observations by captain of merchant-men, which all agree very well. Longitude from the map, very uncertain.
[illegible] Taken by the captain of the sailboat in which I travelled, who had not the very best instruments at his disposal.
This and the two next places were observed under very unfavourable circumstances. The longitude especially is very uncertain.
[illegible]quently, Marabahan also in uncertain.
[illegible] this place and the [illegible] following places, only [illegible], Malakka, Kahang are in part corroborated by English
[illegible]rvations. All are uncertain.

While the preceding table was in the press, I received a notice from Mr. R. D. M. VERBEEK, chief-engineer of the mines in Sumatra, which with his kind permission I here insert.

Under his superintendence, a triangulation was effected between Benkoelen and Palembang, shortly after my own visit to those parts; and the following geographical positions for my stations differ from Mr. UKENA's determinations, in some cases, to a considerable extent.

TABLE V.

STATIONS.	Longitude by Mr. VERBEEK.	Difference between Mr. VERBEEK and UKENA.	Latitude by Mr. VERBEEK.	Difference between Mr. VERBEEK and UKENA.
Taba Penandjoeng	102° 29′ 27″	+ 4′ 17″ *	3° 42′ 19″	+ 11′ 15″ *
Kepahiang	102 34 18	— 4 25 *	3 38 40	+ 5 9 *
Keban Agoeng	102 41 20	— 1 19	3 42 19	+ 5 54 *
Tabang Padang	102 55 7	— 0 32	3 42 3	+ 6 16 *
Tebing Tinggi	103 4 27	— 0 53	3 35 16	+ 0 18
Koeboer	103 3 33	+ 1 33	3 23 36	+ 0 46
Moeara Bliti	103 2 26	+ 0 16	3 14 6	— 2 10
Mandi Awoer	103 11 20	+ 0 55	3 5 50	+ 1 10
Soengei Pinang	103 19 25	— 1 8	2 54 48	— 0 37
Ngoelah	103 24 42	+ 0 38	2 45 19	— 4 31 *
Poenjoeng	103 33 44	— 10 29 *	2 45 51	— 1 57
Sekajoe	103 49 39	— 0 15	2 52 46	+ 0 2
Rantau Bajoer	104 19 58	— 0 1	2 59 41	— 0 13
Karang Dalam	104 24 41	+ 0 10	3 0 57	— 0 4
Batoe Radja	104 9 43	+ 0 8	4 7 19	— 1 25
Doeren	104 20 7	+ 2 10	3 54 7	— 4 31 *
Moeara Koeang	104 35 22	— 21 17 *	3 34 11	— 3 44
Tandjoeng Radja	104 45 22	— 3 16	3 1859	+ 7 22 *

	Longitude.	Latitude.
Mean Difference	— 1′ 51″.6	+ 1′ 3″.3
Mean Diff. with exclusion of Poenjoeng and Ma. Koeang..	— 0 5 .7	

Except where the figures marked * appear, the difference is certainly not greater than might be expected with the means at our disposal. Mr. VERBEEK admits for his figures an uncertainty of ± 1′; and to Mr. UKENA's observations it is clear not less should be allowed, considering that his means of observation were the sun, a reflexion-circle and only two chronometers. With regard to the two places first in the list, I am even quite ready to admit that a greater error may exist as Mr. UKENA was not at the time accustomed to his instrument, and had taken no observations of the kind for two or three years. Moeara Koeang always looked suspicious, because it differs widely from all the maps. On the other hand, a slight additional error on Mr. VERBEEK's part may be explained by the fact that, as he informed me, he took the magnetic inclination at 1° 40′ 50″ throughout; while according to my own observations it is much greater, viz, between 2° and 2° 20′. Moreover I do not know

whether Mr. VERBEEK's station was always the same as mine; and as some of those places are large, straggling villages this might account for some difference.

Not being in possession of the observations on either side, I am unable to decide which list is the more correct; but, with the exception of four or five figures, the differences are certainly slight enough to justify me in assigning to the positions, as I gave them, a much greater degree of certainty than I would have given them credit for prior to the receipt of Mr. VERBEEK's valuable letter.

As there are a certain number of stations where both Captain ELLIOT and myself have made observations I thought it worth while to compare the results of both surveys; and as this comparison has given rise to some remaks, I wish to show it here, though it requires a considerable space. I will give the figures in full, so that everyone may be able to judge of their value. A foregoing remark is in full force here. Though my station was not in every case exactly the same as Captain ELLIOT's, the difference of position was slight, and as it did not always lie in the same direction, the influence of this dissimilarity on the general result can only be trifling. Whenever my figure is larger than ELLIOT's the sign + is taken; the contrary is indicated by —. (For the dip, two of ELLIOT's figures, as they appear in his general table have been altered, because these, on comparison with his observations are evidently owing to a printer's error).

As the monthly change of 12′ for the declination seems tolerably certain, I took the mean as reduced to 1876 for point of comparison. The secular change for the other elements not seeming to have the same degree of certainty, I preferred to take the observed values; and therefore for dip and intensity an additional column will be found, showing the number of years that elapsed between ELLIOT's survey and mine. Monthly and other variations have been quite neglected.

TABLE VI.

Comparison of Captain Elliot's survey with my own.

Declination.

Name of Station.	Elliot as reduced to 1848.	Van Rijckevorsel as reduced to 1876.	Difference.
Singapore	1° 36′ 31″	2° 32′ 16″	+ 0° 55′ 45″
P. Pisang	1 31 7	2 30 0	0 58 53
Karimon	1 23 5	2 29 24	1 6 19
Serawak	1 9 40	2 26 44	1 17 4
Pontianak	1 31 19	2 30 19	0 59 0
Soekadana	1 22 39	2 18 43	0 56 4
* Batavia	0 47 7	1 40 56	0 53 49
* Serang	0 34 25	1 50 24	1 15 59
* Anjer	0 58 11	2 1 35	1 3 24
* Tjandjoer	1 35 28	1 54 15	0 18 47
* Bandoeng	0 26 23	1 49 24	1 23 1
* Soemedang	0 30 24	1 47 45	1 17 21
* Cheribon	0 31 41	1 51 50	1 20 9
* Tegal	0 37 59	1 54 28	1 16 29
Semarang	0 23 51	1 43 24	1 19 33
Ambarawa	0 33 17	1 52 25	1 19 8
Soerakarta	0 35 59	1 37 15	1 1 16
Soerabaja	0 51 55	1 53 9	1 1 14
Soemenep	0 44 15	1 47 21	1 3 6
* Tjelatjap	0 36 57	1 3 57	1 27 0
Benkoelen	1 5 9	1 59 5	0 53 56
Solok	1 39 5	2 29 55	0 50 50
Sidjoendjoeng	1 21 38	2 11 12	0 49 34
Boea	1 22 29	2 20 27	0 57 58
Pajakombo	1 29 46	2 16 6	0 46 20
Fort v. d. Capellen	1 28 13	2 21 17	0 53 4
Padang-Pandjang	1 33 30	2 26 38	0 53 8
Fort de Kock	1 9 23	1 58 41	0 49 18
Manindjoe	1 31 48	2 27 55	0 56 7
Palembajan	1 36 39	2 21 57	0 45 18
Si-Pisang	1 46 33	2 26 41	0 40 8
Bonjol	1 35 30	2 21 21	0 45 51
Rau	1 37 27	2 27 7	0 49 40
Penjangei	1 38 49	2 24 25	0 45 36
Kota-Nopan	1 34 30	2 13 7	0 38 37
Penjaboengan	1 43 35	2 26 47	0 43 12
Singkel	1 34 8	2 6 34	0 32 26
Natal	1 28 8	2 10 17	0 42 9
Kema	1 39 47	1 56 15	0 16 28
Menado	1 26 16	2 2 29	0 36 13
Malakka	1 50 24	2 32 44	0 42 20
P. Dending	1 48 34	2 34 32	0 45 58
Georgetown	1 48 48	2 35 45	0 46 57
		Mean for 43 Stations	0 55 13.2
		Or mean yearly variation	+ 0 1 58.3

And if we take the mean for the nine stations marked * which are those nearest to Batavia we find for the mean yearly variation + 0° 2′ 26.″7.

TABLE VII.

Comparison of Captain Elliot's survey with my own.

Inclination.

Name of Station.	Elliot as reduced to 1844.	Van Rijckevorsel.	Number of years between both surveys.	Difference.
Singapore	12° 54'.9	13° 8'.7	29	+ 13'.8
Serawak	11 14.9	11 1.4	28	— 13.5
Pontianak	14 45.0	14 42.8	28	— 2.2
Soekadana	17 2.1	17 4.4	28	+ 2.3
* Batavia	27 5.4	27 33.6	26	+ 28.2
* Anjer	26 32.0	27 21.3	28	+ 49.3
* Pelaboeau-Ratoe	29 21.5	29 30.9	26	+ 9.4
* Bandoeng	28 34.4	28 46.5	26	+ 12.1
* Cheribon	27 52.0	28 12.8	26	+ 20.8
* Semarang	28 4.6	28 17.1	26	+ 12.5
* Soerakarra	29 12.7	29 25.0	26	+ 12.3
Soerabaja	28 53.0	28 29.8	26	— 23.2
Soemenep	27 45.8	27 42.3	26	— 3.5
Telock Betoeng	26 15.7	26 28.9	28	+ 13.2
Benkoelen	23 54.0	24 34.7	28	+ 40.7
Padang	18 32.2	19 53.6	29	+ 81.4
Sidjoendjoeng	17 49.8	18 27.9	29	+ 38.1
Fort v. d. Cappellen	17 12.3	18 11.8	29	+ 59.5
Pajakombo	16 38.2	17 17.2	29	+ 39.0
Padang Pandjang	17 47.5	18 16.3	29	+ 28.8
Palembajan	16 47.3	17 30.7	29	+ 43.4
Bonjol	16 38.5	17 16.8	29	+ 38.3
Rau	15 37.4	16 15.6	29	+ 38.2
Batoeng	15 41.5	16 10.5	29	+ 29.0
Tana-Batoe	15 3.1	15 46.3	29	+ 43.2
Singkel	12 23.5	13 2.6	29	+ 39.1
Natal	15 32.4	16 18.1	29	+ 45.7
Menado	10 43.6	9 27.0	27	— 76.6
Malakka	11 52.2	11 50.6	29	+ 25.4
P. Dending	7 31.2	7 48.0	29	+ 16.8
Georgetown	4 52.8	5 8.9	29	+ 16.1
		Mean yearly change for 31 stations		+ 0'.78

And the mean for the seven places nearest to Batavia, which are again marked *, is: + 0'.93.

TABLE VIII.

Comparison of Captain Elliot's survey with my own.

Horizontal Intensity.

Name of Station.	Elliot as reduced to 1848.	Van Rijckevorsel.	Number of years between both surveys.	Difference.
Singapore	8.112	8.243	29	+ 0.131
Karimon	8.077	8.230	29	+ 0.153
Serawak	8.186	8.296	28	+ 0.110
Pontianak	8.125	8.268	28	+ 0.143
Soekadana	8 086	8.247	28	+ 0.161
* Batavia	7.897	7.989	26	+ 0.092
* Anjer	7.887	7.955	28	+ 0.068
* Pelaboean Ratoe	7.873	7.952	26	+ 0.089
* Bandoeng	7.939	7.990	26	+ 0.051
* Tegal	7.950	7.957	26	+ 0.007
* Semarang	7.937	7.968	26	+ 0.031
* Ambarawa	7.963	8.031	26	+ 0.068
Soerabaja	8.075	8.067	26	− 0.008
Soemenep	8.048	8.075	26	+ 0.027
* Tjelatjap	7.915	7 949	28	+ 0.034
Teloek Betoeng	7.916	7.966	28	+ 0.050
Benkoelen	7.913	7.972	28	+ 0·059
Padang	7.962	8.075	29	+ 0.113
Kema	8 253	8.285	27	+ 0.030
Menado	8.114	8.256	29	+ 0.142
Georgetown	8.159	8.324	29	+ 0.165
		Mean yearly change for 21 stations		+ 0.00252

And the mean for the eight places nearest to Batavia marked *, is + 0.00213.

If I compare these figures with those obtained by Dr. Bergsma for Batavia only, I get the following

TABLE IX.

Secular variation.

	From my own observations compared with those of Captain ELLIOT.		From Dr. BERGSMA's observations.	
	For the whole survey.	For the places nearest to Batavia.	For the years 1869—1875 only.	as resulting from the comparison with Captain ELLIOT.
Declination	+ 1′ 58.″3	+ 2′ 26.″7	+ 2′ 10″	+ 2′ 22″
Inclination	+ 0.78	+ 0.93	+ 1.76	+ 0.93
Horizontal intensity	+ 0.00252	+ 0.00213	+ 0.0035	+ 0.0029

The similarity between these figures, or at least between one of my own columns and one of Dr. BERGSMA's, is rather encouraging. As to the horizontal intensity, the difference is somewhat great, but it will be seen, that the number of stations (21) which I could compare with ELLIOT, is smaller than for the two other constants. The existing difference may have some conection with the following remarks.

In the three cases there is a notable difference between the western part of the map, (Sumatra, Malay Peninsula) and the middle (Java, Borneo). In the first part the secular change for the dip and the horizontal intensity is greater than in the second; for the declination it is smaller. In the case of the intensity this is, however, only slightly apparent. It is much to be regretted that ELLIOT's stations in the Eastern part of the map (Celebes, Moluccas) are so few; only Kema and Menado coïncide with my own stations. But as neither in ELLIOT's case, nor in my own, these two places show remarkable irregularities, it may be worthy of mention, that the mean secular variation for these places is in the three cases much less than for the more Western part of the map.

It should also be noticed, that some of the irregularities in my own observations correspond in a remarkable degree with some of the same kind in ELLIOT's survey. A striking instance of this is to be found in the country to the N. E. of Padang, where, especially for the declination, the great irre-

gularity in one case is most faithfully repeated in the other. In both instances, Fort de Kock is seemingly much too small, while Solok and Padang-Pandjang seem to be much too large. I ascribe this solely to the Merapi, which is a big volcano. This part of Sumatra would offer an admirable ground for a thorough investigation as to the extent of the influence a volcano has on the magnetic system; for the district consists of one volcanic mass, thrown up in a country, which, though mountainous, has no other volcano in the immediate neigbourhood. The means of communication are easy and the climate is throughout agreeable, so that it would be well worth while to devote one or two years to a special survey of this part of the Archipelago. I cannot remember any district of Java, which, from the nature of the soil, offers so many inducements for an investigation of the kind referred to.

I calculated the probable error of the result for every station, but I thought it useless to give those figures. In the first place, the number of single observations at every station (except perhaps in a few intances) is too small to make these figures of much value, especially as it is easy to see at a glance, what discrepancies there are. But, at the same time, I do not attach much importance to the probable errors in this case.

If we take two stations, in one of which the observations are badly done, but where all have been made exactly in the same place, and on days very free from actual disturbances, while in the other the observations are very nicely made, but the value of the constants on the various days is really different, and where perhaps the station has been shifted a little, — it is evident that the mean for the second station, though offering a much larger probable error, will be much more reliable than the mean for the first one.

As an illustration of the truth of this argument, I take the horizontal intensity. I found, from all the probable errors in 50 stations where I observed on one or two days only, the mean to be 0.00098; while for the 68 stations where I observed on three or more days, I found the mean of the probable errors to be 0.00103. From which it would appear that it is better to observe on one or two days at every station than on three or more. This is evidently owing to the fact, that the more numerous the observation days are, the more chance there is of real changes in the magnetism occasioning discrepancies, no matter how nice the observations may be.

I wished to explain this, because it has been urged on me by a very competent authority, that not only ought I to give the probable errors, but that I should also construe the map, by giving to each station a corresponding weight. This I would not do, for the reasons stated above. If we could in

any measure multiply the so found probability by a factor depending from the number of observation-days, less might be said against it.

But there is more. A place where very good observations were made, and where the actual state of things on the different days was much the same, — consequently a station showing a small probable error, — may, on account of local attractions, be in reality less reliable than another Even this case is sure to occur.

I really think that with a subject like terrestrial magnetism, where so many natural causes which escape scrutiny contribute to vitiate the results of a survey, independently of errors of observation, the means that mathematical science in its present state affords by the method of least squares are quite insufficient, and may occasion greater errors than we should be likely to make by adopting a simpler method. Both our knowledge of mathematics and our acquaintance with the laws of magnetism must be more advanced than they now are, before we can hope to construe maps in a more perfect manner. As it is, the best way is to give to all the stations the same weight. An exception is of course allowed for those stations where we know „a priori" there exists a cause for doubt. I took this into account by giving half value to the stations where I could observe on one day only.

As far as I know, all my predecessors have followed the same practice.

Let me, before concluding, express my sincere thanks to my friend Mr. F. A. J. Pascal van Alphen, of Rijswijk, lieut. R. N. who, with great ability and indefatigable diligence, has devoted more than two years to making an important part of the calculations of which these pages are the result, and to Mr. F. Spencer Bird of Rotterdam, who has been kind enough to exercise his literary skill by correcting the defective English of one who is not an Englishman.

BEITRÄGE ZUR PETROGRAPHIE

DES

INDISCHEN ARCHIPELS.

VON

H. BEHRENS.

Vor 25 Jahren, nach dem Erscheinen des JUNGHUHN'schen Werkes, gehörte Java zu den geologisch am besten gekannten Theilen von Asien; inzwischen hat die geologische Wissenschaft grosse Veränderungen durchgemacht, die geologische Forschung sich auf benachbarte Länder ausgedehnt. Für die geologische Kenntniss von Vorderindiën ist in den letzten Jahren viel durch die Engländer gethan, in Hinterindien hat sich R. D. M. VERBEEK um die Geologie von Sumatra grosse Verdienste erworben. Banka und Billiton sind im Interesse der Zinngewinnung sorgfältig kartirt und beschrieben — von Borneo, Java und den weiter nach Osten gelegenen Inseln des Indischen Archipels wissen wir, was ihre Geologie betrifft, heutzutage nicht viel mehr als vor 25 Jahren; von Java, das seit lange unter geordneter Verwaltung steht, und in seiner ganzen Länge Postwege besitzt, vielleicht nur deshalb nicht, weil es vor 25 Jahren von JUNGHUHN bereist und in einem epochemachenden Werke beschrieben war. *Und doch hat* JUNGHUHN *nach seinem eigenen Geständniss die mitgebrachten Gesteine nicht in einer, dem damaligen Stande der Wissenschaft genügenden Weise untersucht.*

Er sagt darüber (Java, holl. Ausg. III, 159, Anm.): „Die kurze Dauer meines Aufenthalts in Europa zwingt mich, von einer genaueren oryktognostischen

Untersuchung der mitgebrachten Gesteinsarten abzusehen. Ich verweise in Betreff derselben die Liebhaber der Wissenschaft auf die im Reichsmuseum zu Leiden deponirte Sammlung, deren Nummern bei jeder Gesteinsart sollen angezogen werden."

Der Wink ist nicht auf guten Boden gefallen.

Bis vor kurzem hat die JUNGHUHN'sche Sammlung mit vielen anderen Gesteinsschätzen im Reichsmuseum zu Leiden vergraben gelegen; vor einem Jahr erst ist ein Theil derselben durch J. LORIÉ einer mikroskopischen Durchmusterung unterzogen, deren Resultate in einer späteren Mittheilung besprochen werden sollen. Die LORIÉ'sche Arbeit erstreckt sich auf ungefähr ein Viertel der von JUNGHUHN mitgebrachten Gesteinsproben (Gesteine der javanischen Kraterberge), an 1000 Nummern sedimentärer Gesteine sowie tertiärer und vortertiärer Eruptivgesteine warten noch der Untersuchung.

Dazu kommen mehrere andere, an verschiedenen Orten (Leiden, Delft, Haarlem) deponirte Sammlungen indischer Gesteine, die, bis jetzt ganz unberührt, ein wenngleich minder vollständiges, doch bei geeigneter Combinirung ansehnliches Material bieten.

Wenn ich die Bearbeitung desselben unternehme so bin ich mir bewusst, dass die Durchführung derselben in gewünschter Vollständigkeit meine Zeit und Kräfte weit übersteigen würde: ich muss mich im Wesentlichen auf die mikroskopische Untersuchung beschränken und die chemische nur in zweifelhaften Fällen von besonderem Gewicht zu Hülfe nehmen.

Auch unter dieser Einschränkung wird die Ausführung des Planes voraussichtlich geraume Zeit in Anspruch nehmen, und inzwischen eine und die andere Partie mit erweitertem Material überarbeitet werden müssen.

Unter diesen Umständen scheint mir die Mittheilung der Resultate in zwanglosen Abschnitten die beste und die Abhandlungen der Niederländ. Akademie der Wissenschaften der geeignetste Ort dafür.

DAS UNTERSUCHUNGS-MATERIAL.

Die bis jetzt von mir untersuchten indischen Gesteine sind aus drei, im Besitz der Polytechnischen Schule zu Delft befindlichen Sammlungen entnommen.

1. Eine Sammlung von Handstücken, die JUNGHUHN aus *Java* mitgebracht hat, bestehend aus Doubletten der durch ihn in Leiden deponirten Sammlung von 1369 Nummern, die im Jahre 1865 an das mineralog. Cabinet der Pol. Schule abgestanden sind. Leider sind nur von 853 Nummern des JUNGHUHN'schen Catalogs Doubletten disponibel gewesen, und mussten von diesen einzelne be-

seitigt werden, deren Etiketten sich in allzu verwahrlostem Zustande befanden. Wo es im Interesse der Untersuchung wünschenswerth sein sollte, hoffe ich diesem Uebelstand durch Benutzung der Leidener Sammlung abhelfen zu können. Vorläufig hat zur Controle und Completirung gedient:

2. Eine durch den Bergingenieur v. DIEST der Polyt. Schule übersandte Sammlung van 865 Handstücken aus verschiedenen Theilen des indischen Archipels, wovon 416 javanischer Herkunft. Der Catalog ist viel weniger ausführlich als der JUNGHUHN'sche, dafür ist in dieser Sammlung die Zusammengehörigkeit von Handstücken und Etiketten durch Nummern gesichert, die vor dem Einpacken den Handstücken aufgeklebt wurden.

3. Eine kleinere Sammlung, welche die Polyt. Schule grössten Theils dem unlängst verstorbenen Bergingenieur JONKER verdankt. Sie ist namentlich für die *Oestliche Hälfte* des Archipels von Bedeutung. Für die Vergleichung älterer indischer und europäischer Gesteine ist von grossem Werth:

4. Eine Sammlung von 200 besonders schönen, vortrefflich geordneten Handstücken der wichtigsten Gesteine von *Sumatra*, der Polyt. Schule im Jahre 1876 geschenkt von dem Bergingenieur R. D. M. VERBEEK zu Padang.

Im Nachstehenden sollen die aus Sammlung 1 entnommenen Gesteine durch den Buchstaben J., diejenigen, welche der Sammlung 2 angehören durch ein vorgesetztes v. D. angedeutet werden. Die Citate aus JUNGHUHN's *Java* beziehen sich auf die holländische Ausgabe des Werkes, erschienen zu Amsterdam, 1853.

Wer nach Durchsicht des JUNGHUHN'schen Catalogs zum erstenmal die Sammlungen 1 und 2 mustert, wird sehr enttäuscht sein. Der erste Eindruck, den man von den Sammlungen javanischer Gesteine bekommt, ist der von Einförmigkeit. Die grosse Mehrzahl der Eruptivgesteine erkennt man auf den ersten Blick als tertiärer und posttertiärer Zeit angehörig, in Uebereinstimmung mit dem, was JUNGHUHN aus paläontologischen Gründen gefolgert hat (Java III, 11, 345 u. a. m. a. O.). Es sind trachytische und basaltische Gesteine, letztere vielfach von trachytischem Habitus, der JUNGHUHN in vielen Fällen irre geleitet hat. Dasselbe gilt für die Mehrzahl der gröberen Conglomerate, auch sie geben sich sofort als Haufwerke von trachytischen und basaltischen Trümmern zu erkennen. Es erfordert eine eingehende Musterung, die kleine Zahl von Ausnahmen aufzufinden, die möglicherweise Repräsentanten der vielen Syenite, Grünsteine, gabbroähnlichen und serpentinähnlichen Gesteine, der Talkschiefer

nnd Glimmerschiefer sein könnten, welche JUNGHUHN in dem Catalog der Sammlung aufführt.

Man muss JUNGHUHN's petrographische Nomenclatur an den vulkanischen Auswürflingen studirt, muss sich klar gemacht haben, in welcher Weise er die Gesteine bestimmte, um zu begreifen, wie er mit grösster Naïvetät Felsarten, deren Namen sie für uns zu palaeozoischen, ja zu archäischen stempelt, tertiäre Schichten kann durchbrechen lassen, wie er Uebergänge zwischen Gesteinen weit aus ein ander liegender Epochen statuiren kann.

So spricht er z. B. von grünsteinähnlichem Basalt, von basaltähnlichem Diorit (J. 451), bringt Gabbro bei'm Diorit unter (Java III, 413), spricht von Gestein, das dem Trachyt näher steht als dem Diorit (Java III, 215), ja er geht so weit, einen „Diorit" ausführlich zu beschreiben, als zusammengesetzt aus Albit und Hornblende, von dem er auf derselben Seite (Java III, 385) sagt, er habe das tertiäre Gebirge durchbrochen.

JUNGHUHN bestimmt die Gesteine vorwiegend nach dem Habitus und konnte in den meisten Fällen auch wohl kaum anders verfahren; *dunkelfarbige* vulkanische Felsarten pflegt er als *Basalt, lichte* als *Trachyt* zu bezeichnen. Häufig kommt bei ihm die Wendung vor, ein derartiges Gestein sei bald mehr dolcritbald mehr trachytartig. In diesem Sinn ist seine Nomenclatur aufzufassen. Selten äussert er sich über das Alter seiner Syenite, Grünsteine u. s. w. Den „Syenit" aus dem Krater des Kèloet (J. 224 ff.) ist er geneigt, für altes, durch Lava empor gerissenes Gestein zu nehmen und vergleicht ihn mit Syenit von Sumatra (Java II, 665); in einer später hinzugefügten Anmerkung (ib. 666) wendet er sich der entgegengesetzten Ansicht zu, hier fasst er das fragliche Gestein, ebenso das „Syenitgestein" vom Goenong Malang, Lèbak, das er anderwo (J. 438) Diorit nennt und das „syenitische," sonst auch als dioritisch, gabbroähnlich, benannte Gestein vom Kali Look, Kèboemen, als jungtertiäres oder posttertiäres Ganggestein auf, übereinstimmend mit seiner Auffassung der krystallinischen Schiefer von Kèboemen als *tertiärer Glimmerschiefer* (Java III, 423).

Die heutzutage übliche *chronologische* Abgrenzung von Gesteinstypen tritt gegen die Abgrenzung nach dem Habitus durchaus zurück. In die Sprache der heutigen Petrographie übersetzt, würde das Obige ungefähr sagen: dass am Kèloet, am Malang, am Kali Look tertiäre, zum Theil gangförmig auftretende Parallelgesteine der Syenite und Gabbros von Sumatra sich finden.

Schliesslich lässt er doch die Frage offen, ob man mit Durchbrüchen durch das Tertiär, oder mit Ablagerung tertiärer Sedimente um ältere Klippen zu thun habe (Java III, 425).

Der „Syenit" des Goenoeng Këloet ist Andesit und Dolerit, die „Diorite" und „Syenitischen Gesteine" vom G. Merapi und Oengaran sind grobkrystallinische Andesite, der „Syenit" vom G. Malang (J. 438) gibt sich bei mikroskopischer Untersuchung als Quarztrachyt zu erkennen. In dieser Richtung weiter zu gehen, hat wenig Einladendes.

In Betreff der Glimmerschiefer und Talkschiefer theilt VERBEEK (Over de Geologie van Java, Tijdschr. d. Aardrijksk. Vereenig. 1876) JUNGHUHN's Auffassung derselben als metamorphischer Gebilde aus tertiärer Zeit, in Betreff der gabbroähnlichen Gesteine lässt auch er die Frage offen.

Gerade diese eignen sich durch den leicht erkennbaren Diallag, der in tertiären Gesteinen selten, in posttertiären bisher niemals angetroffen ist, mehr als alle anderen dazu, auf petrographischem Wege die Frage zum Austrag zu bringen, ob in der That auf Java vortertiäre Massengesteine existiren.

GABBRO UND SERPENTIN AN DER TJILÈTOEKBAI, DJAMPANGKOELON, TJANDJOER.

Die felsige Steilküste der Wijnkoopsbai (Westküste von Java) wird da, wo sich die Tjiletoekbai (Sand-Bai auf mehreren älteren Karten) einbuchtet, von alluvialem Flachland unterbrochen, das den Strand der letztgenannten Bai bildet. Vom Kap Karang tao an wendet sich das Küstengebirge, der steile, mauerähnliche Absturz des Hochplateaus der Djampang-Districte, von Süden nach Osten, umzieht unter dem Namen Goenong Linggoeng in ovalem Bogen die in der Mitte etwa eine Meile breite halbmondförmige Alluvialfläche, um vom Kap Karang èlang, dem südwestlichen Eckpfeiler der Tjiletoekbai, wieder der alten Richtung nach Süden zu folgen.

Die kolossale, in ihrer Mitte, am Wasserfall des Tjikandé (siehe die beigegebene, nach JUNGHUHN copirte Kartenskizze) noch 1100 Fuss hohe Mauer des G. Linggoeng ist aus Schichten weiter unten zu beschreibender Conglomerate aufgebaut, die von zahlreichen Eruptivmassen durchsetzt werden. Im nördlichen Theil derselben (im Tjimarindjoengthal) treten basaltische Gänge auf, im mittleren (Thäler des Tji Kandé und Tji Letoek) trachytische, am südwestlichen Ende, G. Badak genannt, die Gabbro- und Serpentinmassen, von denen zunächst die Rede sein soll.

JUNGHUHN zählt vier Fundorte auf, (Java III, 373):

1. G. Karang èlang, am Südwestabhang des G. Badak (J. 671).

2. Ein Gang zwischen Kap Karang èlang und Kap Karang kapitoe, gegen über Poeloe Manoek (J. 682).

3. Ein zweiter Gang zwischen Kap Karang ĕlang und Kap Karang kapitoe (J. 680) endlich, $^1/_4$ geogr. Meile südlich von dem zweiten Fundort:

4. Kap Karang kapitoe (J. 672—677).

Alle diese Gabbromassen treten nach ihm als mächtige Gänge in Sandstein auf.

In dem Catalog der v. DIEST'schen Sammlung führt der G. Karang ĕlang den Namen G. Batoenoengoel (v. D. 124), der G. Badak heisst hier G. Tjikepoe (v. D. 125, 126), ein Nebenflüsschen des Tji Badak wird als Tji Batoenoengoel aufgeführt (v. D. 120, 122), ausserdem ist noch ein Fundort vertreten: G. Kapok (v. D. 123), der nicht mit der gewünschten Sicherheit auf den Karten festgelegt werden konnte. Auf der JUNGHUHN'schen Karte ist nichts der Art zu finden; auf der älteren Karte von v. D. VELDE ist ein Flüsschen eingezeichnet, das von Süd nach Nord fliessend, zwischen Kap Karang ĕlang und dem nächsten südwärts gelegenen mündet (Kap Karang Gadjah, wahrscheinlich identisch mit Oepjong Sòdong parat bei JUNGHUHN). Auf gleicher Breite mit dem letzteren Kad findet sich ein Ort, Namens Tjikapok. Die ebenfalls ältere Karte von LE CLERCQ, die von JUNGHUHN sehr gerühmt wird, hat den Ort Tjikapok weiter nach Süden gerückt, gegenüber dem Kap Tjitiram, an einem Flüsschen, das JUNGHUHN's Tji Boeajah entspricht. Nimmt man die Kartirung v. D. VELDE's als die richtige an, so wird der G. Kapok ein Theil des Gabbrozuges von Tjiboelakan, (G. Karang ĕlang) der von Ost nach West nach dem Karang kapitoe zu streicht.

Die Handstücke der v. DIEST'schen Sammlung sind sämmtlich zur Untersuchung gelangt; von den JUNGHUHN'schen standen nur die von Fundort 1 und 4 zur Verfügung.

Eine auffallende Verschiedenheit fällt in den Handstücken vom Karang ĕlang (J. 771, v. D. 120, 126), und denen vom Karang kapitoe (J. 674, 675, 676) auf. Die ersteren zeichnen sich aus durch grosse Blätter von Diallag (bis zu 7^{mm}.) die mit halb metallischen Glanze und bronzeähnlicher Farbe aus der matten beinahe schwarzen Grundmasse des Gesteins hervorleuchten. Die Härte ist gering (2—3) ebenso das sp. Gew. (2.63—2.7), der Bruch ist uneben oder dickschieferig (v. D. 126). Das Gestein vom Karang kapitoe ist viel lichter von Farbe, graugrün, viel härter (5—6) und schwerer (2.8—2.85), der Bruch splittrig. Die Handstücke v. D. 122 und 124 gleichen von Ansehen mehr denen vom Karang kapitoe als dem JUNGHUHN'schen Handstück vom Karang ĕlang, mit dem sie in Härte (2) und spec. Gew. (2.65) übereinstimmen. *) N°. 125 v. D.

*) Sp. G. von J. 675 = 2.84.

weiss, grünlich gefleckt und gestreift, stellenweise feinfasrig und seidenglänzend. H = 1—2, scheint, wie die grüne schuppige talkähnliche Masse J. 677 einer Spaltausfüllung angehört zu haben. N°. 123 v. D., vom G. Kapok, grau, braungrün und schwarz gefleckt, ohne makroskopische Diallagkrystalle, Härte schwankend zwischen 2 und 7, ist mit keinem der anderen Handstücke zu vergleichen. Eben so wenig J. 672, ein durchaus aphanitisches recht hartes Gestein (H = 6), das dem Catalog zufolge allmählich in den Gabbro J. 675 übergehen soll. Alle genannten Gesteine wirken auf die Magnetnadel, am stärksten die der ersten Gruppe.

Durch die mikroskopische Untersuchung ist an der Vertheilung, die sich aus der vorläufigen Musterung der Handstücke ergab, wenig geändert worden.

Dünnschliffe von J. 671 und v. D. 126 haben grosse Aehnlichkeit; v. D. 120 giebt klarere, weniger mit Grün geaderte Präparate. Härteprüfung unter dem Mikroskop bestätigte die Vermuthung, dass dies Stück das am wenigsten verwitterte vom Karang elang sein müsse. Während sowohl der braungelbe Diallag als die farblosen und weisslich getrübten Partien von J. 671 und v. D. 126 eine Härte unter 3 zeigten, hatte der Diallag in dem Präparat von v. D. 120 eine Härte, die zwischen 3.5 und 5 wechselte (bisweilen auf demselben Krystalldurchschnitt) und stieg die Härte der farblosen Körner bis 7. Prüfung mit Säure gab ein übereinstimmendes Resultat. Grobes Pulver (Körner von 0.5^{mm}.) von J. 671 und v. D. 125 wurde durch 12 stünd. Digestion mit heisser concentrirter Salzsäure total zersetzt: der ausgewaschene Rückstand löste sich in verdünnter Kalilauge bis auf einige Erzkörnchen. Grobes Pulver von v. D. 120 hinterliess bei gleicher Behandlung selbst nach 20 stünd. Verweilen in der Säure noch einen erheblichen Rückstand, bestehend aus Diallagschuppen, einzelnen Erzkörnern und porzellanähnlichen Splittern, letztere von dergleichen quarzharten Adern herrührend. Es scheint mir am zweckmässigsten, an die Beschreibung dieses Gesteins die der anderen Varietäten vom demselben Fundort anzulehnen.

Der *Diallag* der Präparate von v. D. 120 erscheint zum grösseren Theil in Gestalt unregelmässiger, gerundeter Lappen von graubrauner Farbe, fein gestreift (Fig. 1), ist arm an den bekannten schwarzen Nädelchen, gänzlich frei von eingesprengten Lamellen. Er ist *nicht* dichroitisch, zwischen Nicols lebhaft gefärbt, Auslöschungsschiefe mit Bezug auf die Faserung 25—35°.

Ein kleinerer Antheil des Diallags ist lichtgrün, hat Säulenform, grobe Längsfaserung, dazu annähernd senkrechte, absetzende Querspalten, relativ grosse schwarze Einsprenglinge, schwachen Dichroismus und minder lebhafte Polari-

sationsfarben, als die feinfaserige braune Varietät. Es ist, der abweichenden Form halber, nicht statthaft, diesen Bestandtheil des Gesteins von einer Umwandlung des braunen Diallags abzuleiten. Dass eine Umwandlung stattgefunden, wird durch das Vorhandensein von Dichroismus und mehr noch durch die Härteprüfung (H = 3.5) wahrscheinlich, dieselbe hat eine dem Augit nahestehende Diallagvarietät ergriffen, während die feinfaserige graubraune Varietät verschont blieb.

An Masse wird der Diallag bei weitem übertroffen durch ein unregelmässiges *Maschenwerk*, das sich aus dreierlei Substanzen zusammensetzt. Die *Maschenräume* erscheinen farblos, schwarz gestrichelt und punktirt, ihre Oberfläche wellig gekräuselt, das sie einschliessende *Netzwerk* meist faserig, grün oder gelb, stellenweise grau bis schwarz, in Folge überaus reichlicher Anhäufung von Magnetitkörnchen.

Durchzogen wird dies *Maschenwerk* von quer gefaserten grünen, farblosen und weisslichen Adern und von gelblich weissen feinkörnigen, beinahe undurchsichtigen Trümmern. Das Ganze macht durchaus den Eindruck einer in Umwandlung zu Serpentin begriffenen, zerklüfteten und durch Verwitterungsproducte wieder verkitteten Olivinmasse. Wo in dem Netzwerk die Verwitterung nicht allzu weit fortgeschritten ist, finden sich darin dieselben schwarzen Nädelchen, die in den farblosen Maschenräumen angetroffen werden. Der unvollkommene Parellelismus, der meistens unter ihnen besteht, setzt sich alsdann in den grünen Strängen fort, er macht es möglich die Stränge als Verwitterungsproducte der farblosen Kerne zu bestimmen uud die letzteren als Fragmente grösserer Krystallindividuen, in Uebereinstimming mit dem Ergebniss der optischen Prüfung (Auslöschung parallel den Nädelchen).

Die Abwesenheit der Nädelchen in den breiteren Schnüren und Adern unterscheidet diese als anderen Ursprungs von den eben besprochenen Netzsträngen.

Interessant und für die Vergleichung mit v. D. 126 und J. 671 lehrreich sind die Umwandlungen, deren die farblosen Kerne fähig sind, ohne Aenderung von Grösse und Form. Am häufigsten kommt Färbung vor: von Grün durch Gelb zu Gelbbraun; wobei sie allmählich mit den umgebenden Netzsträngen verfliessen, ohne dass im Laufe dieser Vorgänge Risse oder Faserbildung in ihnen aufträten, wie man sie bei der Serpentinisirung basaltischer Olivinkörner zu sehen gewohnt ist. Die schwarzen Nädelchen können diesen Umwandlungsprocess überdauern, sie können auch, namentlich in dem zweiten Stadium durch dieselben schwarzen Körperchen ersetzt werden, welche man in den grünen Strängen findet, von denen alsbald ausführlich gehandelt werden soll. Eine zweite Verän-

derung der farblosen Körner beginnt damit, dass sie gleichförmig (ohne Risse oder Ausscheidung grösserer Erzkörner) grau getrübt werden, vermuthlich durch feinsten Magnetitstaub.

Das zweite Stadium dieses Processes ist wiederum Vergilben. Man findet Körner, die am einen Ende farblos, in der Mitte grau, am anderen Ende, mit dem sie an stark verwitterte Theile des Präparats grenzen, gelb geworden sind. Eine dritte Art der Umwandlung, vielleicht nur ein besonderes Anfangsstadium der Verwitterung, gibt sich nur zwischen den Nicols und bei der Härteprüfung kund: das Mineral bleibt farblos, wird äusserst feinkörnig oder verworren faserig, die Polarisationsfarbe, ursprünglich über der des Diallags stehend, sinkt bis Weiss oder selbst Grau I Ordnung und gleichzeitig geht die Härte bis auf 1 herunter. Dabei bleiben merkwürdigerweise die schwarzen Nädelchen unversehrt.

Diese seltsame Umsetzung zu einer steatitähnlichen (in dicken Präparaten blass grünen) Substanz, das Fehlen von rothem Serpentin, das Ausbleiben von Rissen und Faserbildung während der Farbenänderung, der Mangel an Picotiteinschlüssen, die scheinbare Abwesenheit von Feldspath und Saussurit liessen die Bestimmung des beschriebenen Maschenwerks als verwitternden Olivin mit einigem Misstrauen ansehen. Glühhitze färbt sämmtliche Bestandtheile bis auf die porzellanähnlichen Schnüre gelb bis rothbraun, durch Glühen mit Kobaltlösung wurde ein Präparat dunkelgrau mit einzelnen farblosen Fleckchen. Prüfung mit Säure auf einem polirten Präparat zeigte, das nur der Diallag und ein Theil der porzellanähnlichen Schnüre in HCl. unlöslich ist. Hierauf wurde eine möglichst frische Partie des fraglichen Maschenwerks isolirt und durch heisse Salzsäure vollständig zersetzt. In der Lösung waren Mg. und Fe. in reichlicher Menge, von Al. nur Spuren vorhanden, die auf Rechnung von Verwitterungsproducten des Diallags zu bringen sind, da in dem oben erwähnten Rückstand von Gesteinspulver, das keiner Handscheidung unterzogen wurde, nur brauner Diallag, in der Lösung eine erhebliche Menge von Al. zu finden war. Das farblose Mineral ist hiernach, trotz mehrerer auffallender Eigenschaften, als *Olivin* zu bestimmen, das Gestein v. D. 120 als ein zerklüftetes, in Verwitterung begriffenes *Olivin-Diallaggestein*. Die porzellanähnlichen Schnüre bestehen aus einer, dem Meerschaum nahe stehenden, theilweise verkieselten Substanz.

Dem beschriebenen Gestein steht am nächsten J. 671. Der Diallag tritt mehr in den Vordergrund, ist im Präparat bräunlichgelb von Farbe, minder feinfaserig, arm an nadelförmigen Einschlüssen, dafür reich an bräunlichrothen Blättchen, die bald der Faserung parallel, bald senkrecht darauf gestellt sind. Dieselben zeigen in auffallendem Licht die Farbenerscheinungen der Eisenglanz-

täfelchen des Carnallits, von Salzsäure werden sie langsam gelöst, durch Ferrocyanwasserstoff schnell blau gefärbt. Ich halte sie nach diesen Beobachtungen und da sie öfter über die Contouren des Diallags hinaus als unregelmässige Fetzen sich in das Gesteinsgewebe hineinziehen, für Infiltrationen von Eisenoxyd, obwohl ihre Gestalt sehr von den hexagonalen Täfelchen im Carnallit abweicht (Fig. 2).

Von Olivinkernen ist nichts übrig geblieben; das wenige, was man auf den ersten Blick dafür halten möchte, erweist sich, auf Polarisationsfarbe und Härte geprüft, der oben besprochenen steatitähnlichen Substanz angehörig. An die Stelle der kurzen feinen Nädelchen sind längere und dickere getreten, von den Rändern gegen die Mitte der farblosen, meist feinfaserigen Flecke gerichtet. In lichtgrün gewordenen Maschen treten an ihre Stelle schwarze, relativ dicke, trichitähnliche Gebilde in grosser Zahl und von recht complicirter Form (Fig 3).

In dunkelgrünen Maschen sind diese Gebilde plumper, mit fortschreitender Verwitterung werden sie durch keulenförmige Körper und durch Kügelchen ersetzt. Dickere Präparate zeigen die Formen der trichitischen Gebilde minder deutlich, desto besser den Zusammenhang ihrer verschiedenartigen Entwickelung mit der Farbenänderung der Serpentinsubstanz. Ihre Bildung scheint in den grünen Strängen des Maschenwerks zu beginnen; wo sie in den Maschenräumen auftreten, sind sie aus den anliegenden Netzsträngen verschwunden, wo die Verwitterung bis zum Verfliessen von Netzsträngen und Maschen fortgeschritten ist, sucht man sie auch in den Maschenräumen vergebens. Ich halte diese Trichite für secundären Ursprungs (vgl. ROSENBUSCH, Mikrosk. Physiogr. d. Gest. 335). Die zum Theil recht verwickelten Formen denke ich mir entstanden durch Verdickung, Verkürzung und Verkittung von benachbarten schwarzen Nädelchen und erkläre mir durch fortgesetzte Concentration und Fortführung des Magnetits ihre Umbildung zu Keulen nnd Kügelchen, doch darf ich dies nicht als erwiesen hinstellen, da sich die genügende Anzahl von Uebergangsformen nicht finden liess. Dass in dem Gestein vom Karang èlang anhaltende Fortführung des Eisens stattgefunden hat, wird durch Präparate von v. D. 126 ausser Zweifel gesetzt *. Wenn. J. 671 weicher und ärmer an Magnetit ist als v. D. 120, so ist dies mit dem schiefrig zerklüfteten Gestein v. D. 126 in

* Das auffallend niedrige sp. Gew. von 2.63 dürfte auch, wenigstens theilweise auf Rechnung von Auslaugung des Eisens zu bringen sein. Porosität, an die man bei weitgehender Verwitterung leicht denken könnte, ist nicht nachgewiesen, wohl in anderen serpentinisirten Massen, z. B. von Timor.

noch höherem Maasse der Fall. Auf Schliffflächen von J. 671 fand ich für den halb verwitterten Diallag H = 3, für grün gewordenen Olivin H = 2, auf dem Schliff von v. D. 126 ist die Härte durchgehend bis auf 2 gesunken.

Von dem Maschenwerk ist nur da noch etwas sichtbar geblieben, wo in den Strängen sich transversale Faserung entwickelt hat, die sich gegen das Centrum der Maschenräume verliert.

Die Faserung des Diallags ist vielfach verworren oder gänzlich verschwunden, seine Farbe neigt zum Grünlichen, die Eisenglanzblättchen sind zerstört bis auf einzelne verwischte blassbräunliche Flecke. Ebenso ist der Magnetit auf wenige Brocken reducirt. An seine Stelle sind Infiltrationen von Eisenoxyd und Eisenhydroxyd getreten, die alle Risse des Gesteins erfüllen. Feldspath oder Saussurit ist in diesem Gestein ebenso wenig aufzufinden, wie in den beiden vorigen; durch Salzsäure wird es, wie J. 671 leicht und vollständig zersetzt, die Lösung giebt starke Reaction auf Magnesium.

Den weissen, im Präparat farblosen Adern entspricht, sowohl was Mikrostructur als was chemische Reaction angeht, das Gestein v. D. 125, eine weisse, stellenweise grünliche, compactem Asbest gleichende Masse, H = 3. Wird durch Glühen mit Kobaltlösung schwarz, mit Roth gesprenkelt, für sich geglüht gelb, mit Weiss punktirt. Unter dem Mikroskop verworren feinfaserig, mit weisser Aggregatpolarisation, frei von Diallag, arm an Erzbrocken. Heisse Salzsäure bewirkt vollständige Zersetzung, der Rückstand wird von Kalilauge gelöst bis auf einige Erzpünktchen, die sich als *Chromit* erweisen.

In hohem Grade verwittert sind ferner v. D. 122 und 124. Es sind dunkelgrüne, serpentinähnliche Massen mit spärlichen graugrünen Diallagresten und Nestern von Magnetit. Das mikroskopische Bild ist sehr verwaschen, weit mehr noch als das von N°. 126. Der in den Handstücken noch wohl erkennbare Diallag ist in den Präparaten nur mit Mühe an einzelnen Faseransätzen und an undeutlichen Ueberresten von Eisenglanztäfelchen zu erkennen. Der Olivin ist überall erweicht, hie und da noch farblos. Hier führt er dieselben Nädelchen, wie in N°. 120. Meistens ist er lichtgrün bis dunkel braungrün, und in diesen Partien von 122 lässt sich der Uebergang von Nädelchen zu Stäbchen, Trichiten, Keulen und Körnern von Magnetit durch Verdickung und Verkittung deutlich verfolgen. Zahlreiche Risse sind mit theils fasrigem, theils feinkörnigem grünem Serpentin erfüllt.

Für alle bisher abgehandelten Gesteine gilt dieselbe Bestimmung, wie für v. D. 120: es sind mehr oder minder verwitterte *Olivin-Diallag-Gesteine*.

Das Gestein vom G. Kapok, v. D. 123, vermittelt den Uebergang zu denen vom Karang Kapitoe. Im Handstück scheint es den lichteren, durch Erz dunkelgefleckten Varietäten von Serpentin anzugehören, beim Schleifen fällt alsbald die Härte auf und das Hervortreten von weissen, unter der Lupe leistenförmigen Flecken. Das fertige Präparat bietet unter schwacher (30 f. i.) Vergrösserung einen fremdartigen Anblick (Fig. 4). Zwischen farblosen, grau gesprenkelten Leisten, die auf weite Strecken parallel geordnet sind, haben sich bräunlichgelbe radialfaserige Massen von sphäroidaler Form gelagert, bisweilen mit Kalkspathkernen. Dieselbe gelbe, ausnahmsweise grüne Substanz trennt die parallelen Leisten von einander. Zwischendurch wird die Structur regellos. Härteprüfung ergibt für die gelben Flecken 1.5—2, für die farblosen und (in auffall. Licht) weissen Leisten sehr weit auseinander gehende Werthe: 3—7, oft dicht nebeneinander, in mehrfachem Wechsel. Polarisirtes Licht gibt ein verworrenes buntfarbiges Bild. Einwirkung von Säure lässt reichliche Einlagerung von *Calcit* erkennen, der den vorhin beschriebenen Olivin-Diallaggesteinen gänzlich fehlte. Der Calcit ist nicht allein in den gelben Klumpen, sondern auch zwischen und in den feldspathähnlichen Leisten vorhanden. Nach zweistündiger Einwirkung starker Säure ist das Bild total verändert. Das Präparat hat nicht allein zahlreiche Löcher aufzuweisen, das Gesteinsgewebe ist auch um ein Beträchtliches aufgehellt und *alle gelben Partien sind grün geworden.* Die grösseren Flecke zeigen jetzt mit wenigen Ausnahmen die Contouren von Krystallen oder krystallaggregaten und schöne Aggregatpolarisation, wovon vor der Aetzung nur Spuren wahrzunehmen waren.

Es lassen sich zwei Nuançen von Grün unterscheiden: Grasgrün, mit Dichroismus von Gelbgrün zu Blaugrün, faserigen und blättrigen Durchschnitten von Augitform angehörig, und Bräunlichgrün, ohne Dichroismus, feinkörnigen, z. Th. unregelmässig sechsseitigen Durchschnitten eigen. Die ersteren sind als chloritisch gewordener *Augit* zu deuten, die letzteren scheinen mir, nach Form und dunkelbraunen octaëdrischen Einschlüssen Serpentin, aus *Olivin* entstanden. Die parallelen Leisten konnten nach einzelnen Exemplaren, die in polarisirtem Licht Streifung zeigten, als *trikliner Feldspath* bestimmt werden. Die allermeisten Krystalle sind durch massenhafte Einlagerung von Kalkspath, Chlorit und Quarz, sowie durch Umbildung zu *Saussurit* unkenntlich geworden. Wo grössere Partien von Saussurit vorkommen, sieht man nach der Aetzung darin eine Unzahl feiner schwarzer Nädelchen (6—8 mik. lang), parallel den längsten Krystallkanten. Ueberall sind *Erzkörner* im Gesteinsgewebe zerstreut. Es sind theils schwarze Körner von der Form des Magnetits, die den Serpentin einrahmen und in der Nähe von Chloritmassen verstreut liegen, theils zerhackte Klumpen,

in auffallendem Licht hellgrau gesäumt, die regellos durch das Präparat vertheilt sind. Da die Löthrohrprobe in dem geschlämmten Rückstand von der Behandlung mit heisser Salzsäure *Titan* nachwies, können die grauen Säume kaum anders als auf *Leukoxen* gedeutet werden.

Nach Rosenbusch (Mikr. Phys. d. Gest. 432) ist diese Substanz in basaltischen Gesteinen nicht gefunden; hiernach muss das Gestein vom G. Kapok, v. D. 123, als *Olivindiabas* bestimmt werden, der durch die schwarzen Nädelchen seines feldspathigen Gemengtheils in nahe Beziehung zum Gabbro vom Karang kapitoe gestellt wird.

Die Gesteine vom *Karang kapitoe* sieht Junghuhn für Umwandlungsprodukte des Gabbro vom G. Karang èlang an. Als Typus derselben betrachtet er N°. 672: „Gleichförmige gabbroartige Steinart von blaugrüner, stellenweis röthlicher Farbe". N°. 673—676 sollen in hellgrüner, serpentinähnlicher Masse Adern und Nester von Quarz nebst schwarzen verwitterten Diallagkrystallen führen. Für N°. 676 werden statt der letzteren schwarze Adern genannt, die ihrerseits wieder von grünen Quarzadern durchsetzt werden sollen.

So zutreffend die Beschreibung ist, welche Junghuhn von dem Gabbro des G. Karang èlang giebt, so wenig ist dies mit der Beschreibung des Gabbros vom Karang kapitoe der Fall.

Auf N°. 672 ist mit 30 f. Lupenvergrösserung noch nichts krystallinisches nachzuweisen: das Gestein gehört gar nicht zu der Abtheilung der Gabbros.

Die Handstücke 673 und 674 können unmöglich anders als durch blosse Besichtigung untersucht sein. Die Härte der grünen und schwarzen Partien ist viel zu hoch für Serpentin und verwitterten Diallag. Vielleicht ist der Serpentin nach Kluftausfüllungen (J. 677) von derbem, kalkspathhaltigem Chlorit bestimmt worden, dessen Härte 2.5 beträgt.

Die weissen Streifen und Flecke von J. 674 und 675 können, dem Ansehen und der Härte nach, mit Milchquarz verwechselt werden, wie aber eine solche Verwechselung hat stattfinden können in dem grobkrystallinischen Gestein J. 676, dessen glänzende Spaltungsflächen sogleich an Kalkspath und Feldspath denken lassen, ist gegenüber einem so sorgfältigen Beobachter, wie Junghuhn, schwer zu begreifen. Die schwarzen „Adern" dieses Handstücks lassen sich ohne Mühe als Krystallhaufen erkennen und nach Farbe, Structur und Härte als dem Diallag oder feinstengliger Hornblende angehörig bestimmen.

Wahrscheinlich sind alle diese Gesteine mit Ausnahme von J. 672 und vielleicht auch J. 682 als *Feldspathgabbros*, resp., wenn man die Unterscheidung

machen will, J. 674 und 675 als *Saussuritgabbros* anzusehen. J. 673 konnte bisher nicht untersucht werden, ebensowenig die Nummern 680 und 682 von den Fundorten zwischen dem Karang kapitoe und Karang elang.

Wohl charakterisirten Feldspath enthält nur J. 676. Die Krystalle erreichen bis 1 Cm. Länge und Breite, sind milchweiss, feinkörnig getrübt, an vielen Stellen des Präparats treten in der saussuritischen Trübung parallel gelagerte schwarze Nädelchen hervor, sowie zwischen Nicols eine ziemlich grobe Streifung (20—120 mik.), die in einzelnen Krystalldurchschnitten sehr deutlich wird.

Die Auslöschungschiefe wurde auf Schnitten nach $0\,p\colon \infty\, p\, \overline{\infty}$ zweimal gemessen zu 22 und 27°, doch ist diese Angabe, wegen unvollkommener Begrenzung der Durchschnitte mit einiger Unsicherheit behaftet.

Salzsäure treibt aus diesem, wie aus den beiden andern Gabbros vom Karang kapitoe ein wenig CO^2 aus, einer sehr geringen Quantität staubförmig eingesprengten Calcits entsprechend. Polirte Präparate behielten in kalter concentrirter Salzsäure ihren Glanz; nach 24 stünd. Einwirkung der Säure war hie und da schwache Aetzung wahrzunehmen, Einlagerungen von Chlorit und Magnetit entsprechend.

Auf den Handstücken J. 674 und J. 675 ist mit der Lupe nur ausnahmsweise eine Spaltungsfläche von Feldspath aufzufinden. In meinem Präparat fehlen Feldspathdurchschnitte gänzlich. Die Grundlage des Gesteinsgewebes bildet eine körnig polarisirende, in auffallendem Licht weisse, im durchfallenden bräunlichgraue Masse, die unter 600 f. Vergr. in eine farb- und structurlose Substanz und zahllose undurchsichtige, regellos darin zerstreute Krümelchen aufgelsöt wird. Die Schmelzbarkeit stimmt mit der des Saussurites von Rauris überein, die Härte nähert sich der des Quarzes. Klare Flecke haben vollständig Quarzhärte, hier liegen in der That, nach Polarisationsfarbe und Verhalten gegen heisse Schwefelsäure, Quarzeinlagerungen vor.

Verkieselung ist auch in dem Bisilikat beider Gesteine recht häufig. Mitten in den zu Aktinolith umgesetzten Diallagkrystallen sieht man farblose Partien von lebhafter Polarisationsfarbe und Quarzhärte, die vollkommen der Einwirkung von heisser Schwefelsäure widerstehen.

In den Präparaten von J. 676 sind die grobfaserigen Aktinolithbrocken wenig zahlreich aber recht gross, sie mögen $^1/_5$ der Gesteinsmasse ausmachen und liegen isolirt in dem weissen Saussurit-Feldspathaggregat. In J. 674 und 675 sind sie bald feiner, bald gröber von Faserung, vielfach an den Enden ausgefranst, die Fransen nicht selten auf längere Strecken sämmtlich nach derselben Seite verbogen, wie niedergebürstet.

Aktinolithnadeln dringen von ihnen aus in die Saussuritmasse ein, besonders

zahlreich, sie in dickeren Präparaten grün färbend, in J. 674. Von den schwarzen Nädelchen des Diallags ist wenig erhalten geblieben, am meisten in J. 676.

Erzkörner sind trotz des höheren spec. Gew. weniger vorhanden als in dem Gestein v. D. 120 vom Karang ĕlang. Was davon vorhanden, ist grösstentheils grau gesäumt und hat die Form der Titaneisenaggregate. Durch Abschlämmen des Saussurits und Kochen des schwärzlichen Rückstandes mit Salzsäure wurde eine Erzprobe hergestellt, die mit Phosphorsalz in der Reductionsflamme eingeschmolzen eine blutrothe Perle gab (J. 675). Also wiederum *Titaneisen*, wahrscheinlich begleitet von *Leukoxen*. *So lange das Vorkommen dieser Substanz auf ältere Gesteine beschränkt bleibt, müssen die Gabbros vom Karang kapitoe, wie das Gestein vom G. Kapok zu den vortertiären gestellt werden, und mit ihnen der Olivingabbro vom G. Karang ĕlang.*

Sonst läge es nahe, mit Rücksicht auf die Ergebnisse der palaeontologischen Untersuchungen sowie JUNGHUHN's Angaben über das gangförmige Aufsetzen der Gabbromassen in unzweifelhaft tertiären Conglomeraten die javanischen Gabbros mit den wahrscheinlich alttertiären ligurischen auf gleiche Linie zu stellen. Ausser dem Vorhandensein von Titaneisen mit Leukoxensaum in v. D. 123, J. 674, J. 675 ist es die weit fortgeschrittene Verwitterung der Olivingabbros, die mich bestimmt hat, diesen Gesteinen ein höheres Alter zuzuschreiben und die eine erneute Localuntersuchung höchst wünschenswerth erscheinen lässt.

Erwähnenswerth, auch für die Altersbestimmung der Gabbros nicht unwichtig, scheinen mir noch die Spuren von Bewegungsvorgängen in denselben. In den Olivingabbros beschränken sie sich auf die Entstehung von Spalten und von mikroskopischen Reibungsconglomeraten, wo Spalten einander durchkreuzen, namentlich am Rande grösserer Diallagkrystalle. Solch'ein mikroskopisches Reibungsconglomerat fand ich auch in dem Labradorgabbro J. 676. Drei Feldspathkrystalle waren derart gegen einander getrieben, dass zwischen ihnen eine dreieckige Lücke blieb, durch Quarz und Saussuritfragmente ausgefüllt.

Viel auffallender sind die Spuren von Bewegungsvorgängen in den Präparaten von J. 674 und namentlich von 675. Vielleicht hat die Umwandlung des Diallags zu Aktinolithnadeln dazu beigetragen, dieselben mit so grosser Deutlichkeit zu verewigen. Geknickte und gebogene Stängelbündel sind gar nicht selten, ja man findet einzelne Stängel gekrümmt, ohne dass Brüche entstanden wären, man kann die Krümmung bequem mit Hülfe der schwarzen Nädelchen verfolgen und in einzelnen Fällen von Verbiegung und Zerspaltung die stauchenden Mineralfragmente auffinden und die Richtung ihrer Bewegung bestimmen. Der Aktinolith ist während dieser Vorgängen die festere Substanz gewesen, dem Saussurit muss ein höherer Grad von Beweglichkeit vindicirt werden.

Er legt sich allen Biegungen der Aktinolithstängel ohne sichtbare Brüche an und drängt sich in alle Spalten ihrer Bündel, ohne Brocken zu den hier gebildeten Conglomeraten beizutragen. Fig. 5 ist dazu bestimmt, von diesen Erscheinungen ein Bild zu geben, soweit das auf dem beschränkten Raume einer mikroskopischen Zeichnung thunlich war.

Die Ursache der Zerklüftungen und Verschiebungen ist nach meinem Dafürhalten nicht in Volumensänderungen der verwitternden Gabbros, sondern in dem Empordringen von Gängen benachbarter, jüngerer Massengesteine zu suchen, insbesondere des im nächsten Abschnitte zu beschreibenden Gesteins J. 672.

TERTIÄRE GESTEINE AN DER TJILETOEKBAI ZWISCHEN TANDJONG KARANG KAPITOE UND DEM TJI KANDÉ.

Das zu Ende des vorigen Abschnittes erwähnte Gestein J. 672 soll nach dem Catalog allmählich übergehen in den Saussuritgabbro des Karang Kapitoe. Im Handstück erinnert es an Serpentin von Kap Lizard, doch ist hierfür die Härte (5.5—6) zu gross. Während des Schleifens ändert sich die Farbe, das fertige Präparat ist röthlichbraun (chocoladebraun) gefleckt auf blassgelblichgrünem Grund. Schwache Vergrösserungen zeigen sternförmige und fächerförmige Gruppen von Feldspathleisten, deren Zwischenräume mit schwärzlichem, in auffallendem Licht zum Theil röthlichem Staub erfüllt sind; 200 f. Vergr. zerlegt die Sterne in dünne trübe Feldspathleisten, mit dunklen Kernen, an den Enden oftmals gegabelt, seitlich mit Erzkörnern und mit unter spitzem Winkel abstehenden Feldspathnadeln besetzt. Unter stärkerer (800 f.) Vergr. erweisen sich letztere als gegliedert, es sind Reihen von Mikrolithen, die nebst dunkelfarbigen Körnchen das Präparat dermassen erfüllen, das die lichtgelbliche, glasige Zwischensubstanz nicht überall mit Bestimmtheit nachzuweisen ist. Diejenigen Erzkörner, welche den Feldspathkrystallen unmittelbar anliegen, sind unzweifelhaft *Magnetit*, in etwas grösserem Abstande drängt sich *Eisenglanz* dazwischen, der als feiner Staub zusammengehäuft die röthlichen Flecken des Präparats hervorbringt. Vereinzelt zeigen sich zwischen den Feldspathmikrolithen Körner von gelbgrünem *Augit* und in ganz untergeordneter Menge Einsprenglinge von randlich verwittertem *Olivin*.

Die einfarbige Polarisation und die anscheinend gerade Auslöschung des Feldspaths würde das Gestein unter die Rubrik „Trachyt" bringen müssen, wenn derselbe nicht so sehr getrübt wäre, dass man ein abnormes Polarisationsverhalten voraussetzen darf. Die Anwesenheit von Augit ohne begleitende

Hornblende und von Olivin sowie der Reichthum an Erzkörnern verweisen es unter die Plagioklasgesteine. Mit Rücksicht auf die untergeordnete Rolle des Augits und Olivins nehme ich es für *Augitandesit*. Zum Gabbro steht es jedenfalls in keiner anderen Beziehung, als dass es denselben durchbrochen und zu den darin stattgehabten Zerberstungen und Verschiebungen beigetragen hat.

Auffallend bleibt JUNGHUHN's Angabe von Uebergängen zwischen diesem Gestein und dem Gabbro, — vielleicht hat er sich durch das serpentinähnliche Ansehen täuschen lassen.

Auffallend ist auch der Mangel irgendwelcher Angaben über Verwerfungen in dem umgebenden sedimentären Gestein, die in jedem Fall vorauszusetzen sind, wofern man sich die Massengesteine als Gänge in dem „Sandstein" vorstellt. Fast will es scheinen, als hätte JUNGHUHN mit der Vermuthung, dass hier ältere Felsmassen von dem „Sandstein" durch Anlagerung umhüllt seien, das Richtige getroffen. Dann wäre das Gestein 672 ein Porphyrit.

Von ähnlicher Structur und Zusammensetzung ist das grünliche Gestein v. D. 151. Die Feldspathsterne sind noch schöner und zahlreicher, sie werden durch schwärzlichen Staub in der farblosen Glasbasis grell hervorgehoben. Daneben, in untergeordneter Quantität, findet sich zu Chlorit umgesetzter Augit, nur in grösseren Individuen von 40—150 mik. Eisenglanz fehlt. Die Feldspathleisten zeigen Auslöschungsschiefen von 10 bis 18°. Streifung in polarisirtem Licht ist nicht mit Sicherheit wahrzunehmen, wegen körniger und faseriger Trübung.

Das Gestein stammt von der Insel *Poeloe Manoek*, einem steilen Felsen, der sich in geringer Entfernung vom Strande zwischen T. Karang kapitoe und T. Karang klang erhebt, gegenüber JUNGHUHN's Gabbrozuge J. 682. JUNGHUHN's Vermuthung, die Insel möge aus ähnlichem Eruptivgestein bestehen, wird durch das Obige dahin abgeändert, dass J. 682 möglicherweise kein Gabbro, oder aber, wie 675 von einem nach Westen sich fortsetzenden Andesitgange durchbrochen sei*.

Glasiges Gestein J. 708, Tji Bocajah.

Bei dem Suchen nach Vergleichsobjecten für den schwarzen Gabbro zog ein fettglänzendes, stellenweise ziemlich weiches Gestein meine Aufmerksamkeit auf sich. Nach Fundort (zwischen den Vorgebirgen Karang kapitoe und Tjitiram) und

* J. 682 ist ein Quarzandesit, resp. Quarzporphyrit (Augit, Plagioklas, Quarz, Magnetit, Pyrit); J. 680, dem Catalog zufolge 672 entsprechend, ein Augitandesit-Mandelstein, in hohem Grade poröse und verwitterte Lava. (Nachtr. Anm.)

nach der im Catalog gegebenen Beschreibung konnte es wohl zu dem Gabbro in Beziehung stehen. JUNGHUHN sagt darüber: „Eine schwarzgrüne weiche, talkige, „fett anzufühlende Steinmasse, wahrscheinlich ein verwitterter Zustand von 671 „oder einer ähnlichen Felsart. Einschlüsse in einem Conglomeratlager." Talkig und fett anzufühlen möchte ich das Gestein nicht gerade nennen, sonst habe ich der makroskopischen Beschreibung noch hinzuzufügen, dass es ein hohes spec. Gew. besitzt (3), eine Härte = 4, stellenweise 6—6.5, und unter dem Hammer leicht zerbröckelt zu kleinmuschligen, scharfkantigen Fragmenten.

Weist diese Eigenschaft eher auf ein glasiges Gestein, als auf Serpentin, so lehrt ein Blick durch das Mikroskop, dass man mit einem pechsteinähnlichen Gebilde, und zwar wahrscheinlich, dem hohen spec. Gew. entsprechend, mit basaltischem Pechstein zu thun habe (Fig. 6). Der vorherrschende Bestandtheil ist ein braunes, nur in dünnsten Blättchen durchsichtiges Glas, das stellenweise grünlich auch wohl gelblich und feinkörnig grau wird. Mit dem Grünwerden geht Erweichung Hand in Hand. Ungleichmässig vertheilt liegen in dem Glase:

1. Dunkelfarbige Ballen, die bei heller Beleuchtung und äusserster Dünne des Präparats zu strahligen oder radialfasrigen Aggregaten von Feldspathmikrolithen und Erzkörnchen aufgelöst werden.

2. Feldspathleisten, in derselben Weise mit Erz und Mikrolithen besetzt, wie in J. 672, doch sind ihre Büschel feiner, aus einheitlichen Nadeln gebildet und besitzen sie deutliche Zwillingsstreifung. Grössere Einsprenglinge von Feldspath sind nur wenige vorhanden. Sie sind klar, arm an Glaseinschlüssen, in polaris. Licht schön gestreift.

3. Augit, theils in ausgebildeten Krystallen von grüner Farbe, theils (rechts unten in der Abbildung) in rudimentären Exemplaren. Diese graugrünen oder bräunlichen Gebilde, die kaum Spuren von Polarisation zeigen, müssen ihrer Form nach für krystallitische Anfänge von Augit gelten.

4. Olivin, gut begrenzte Krystalle mit Picotiteinschlüssen, zum Theil lichtgrün und ein wenig faserig. Augit und Olivin sind dem Feldspath untergeordnet.

5. Kalkspathknollen, sehr vereinzelt, am Rande derselben gelbbraune und grünliche Cumuliten.

Salzsäure zerstört zuerst die grünen und gelblichtrüben Antheile des Glases, nach längerer Einwirkung auch das braune Glas, den Olivin und die Erzkörner so vollständig dass man im Stande ist, die Augit- und Feldspatkrystalle zu isoliren.

Der Wassergehalt des Gesteins wurde für verschiedene Splitter ungleich gross, für die härteren sehr klein gefunden. Nach alle dem liegt ein in Palagonit

übergehender *Tachylyt* vor, dessen krystallinische Ausscheidungen unter den bekannteren Vorkommnissen am meisten denen des Hydrotachylyts vom Rossberge gleichen (ROSENBUSCH, Mikr. Phys. d. Min. Tf. III, 16). Ob der durch ROSENBUSCH untersuchte Palagonit von Djampang-kulon identisch ist mit dem in Palagonit übergehenden Tachylyt vom Tji Bocajah vermag ich, wegen Unbestimmtheit der Ortsangabe nicht zu entscheiden Djampang-koelon ist kein Ort, sondern ein District von ansehnlicher Ausdehnung. Anhangsweise muss der Trichite Erwähnung geschehen, welche der Augit des Tachylyts beherbergt. (Fig. 7). Sie entspringen aus Magnetitkörnern, zwischen gekrümmten Haaren und geraden Auswüchsen der Magnetitkryställchen besteht ein stufenweiser Uebergang durch gebrochene Formen. Anfangs habe ich sie für ursprüngliche Gebilde gehalten, doch ist nichts dergleichen in der Glasmasse zu finden, überdies ist der Augit nicht frei von Verwitterung. Es scheinen mir Analoga der Magnetit-Trichite, die sich bisweilen in verwitterndem Olivin einstellen.

Eruptivgesteine vom *G. Tjibiock*, nahe bei Tandjong (Kap) Tjipandjor, zwischen T. Karang èlang und der Mündung des Tji Lètoek. Die v. DIEST'sche Sammlung hat zwei Stücke vom G. Tjibiock, N°. 141 und 181, das erstere vom Gipfel, das andere vom Fusse des Berges, der auch als Kap bezeichnet wird.

N°. 181 wird trotz seines diabasähnlichen Habitus und seiner Bezeichnung als „Aphanit" durch die mikroskopische Untersuchung unter die Trümmergesteine verwiesen.

N°. 141 ist zufolge dem Catalog, einem thonigen Conglomerat entnommen, das Stücke von Porphyr, Granit, Gneiss, *keinen* Basalt enthalten soll. Die letzte Bemerkung ist richtig, die vermeintlichen Fragmente von Porphyr u. s. w. haben sich, soweit ich ohne völlige Zertrümmerung des Handstücks untersuchen konnte, als verschiedene Verwitterungsprodukte eines und desselben Gesteins, N°. 141 herausgestellt, dessen mikroskopisches Bild Fig. 8 darstellt.

Es ist ein glasreicher, augitarmer *Andesitmandelstein*. Das frische Glas ist im mikroskopischen Bilde licht gelbbraun, bei beginnender Verwitterung wird es trübe, durch weitergehende Verwitterung bräunlich grün unter Ausscheidung von schwärzlichem Staub. In diesem Zustande wird es, wenngleich langsam, von Säure angegriffen. Verwitterte und wohl erhaltene Partien wechseln innerhalb eines Präparates von 1.5 Cm. Breite mehrfach miteinander. In den letzteren zeigt der *Feldspath* zwischen Nicols lebhafte Streifung. Grössere Einsprenglinge von Feldspath fehlen, von *Augit* sind solche vorhanden, sie sind sämmtlich chloritisch geworden. Mikroskopischer Augit scheint nicht vorhanden. Ziemlich häufig

begegnet man unregelmässig begrenzten Flecken von staubigem *Opal*, von braungrünen Cumuliten eingefasst und damit getüpfelt. Die äusserst zahlreichen, zum Theil sehr kleinen Mandeln (von 10mik. an) bedürfen keiner Beschreibung. Reihen derselben sind durch chloritische Schnüre verbunden, in denen feine Längsspalten verlaufen, Spuren der Canäle, in welchen Sickerwasser zwischen den Mandelräumen circulirte.

Eine zweite *Andesitlava* von derselben Zusammensetzung bei etwas gröberer Structur ist das schöne Gestein v. D. 115, im Catalog als Diabas von der Quelle des Tji Bantang (nicht weit von Tjikandé) bezeichnet. Die Verwitterung ist gleichmässiger durchgedrungen, als in N°. 141 und bis zur Kalkspathabscheidung in den Mandeln fortgeschritten.

Der erste unter den vielen Wasserfällen im Hintergrunde der Tjilètoekbai ist, von Süden nach Norden gerechnet, der Wasserfall des Tji Lètoek, *Tjoeroek Poentjak manik*. In dem Einschnitte, den er in die Felsmauer des G. Linggoeng gemacht hat, sind nach JUNGHUHN mindestens 6 verschiedene Lagen von Conglomeraten wahrzunehmen, J. 650—658. Die Proben aus den höheren Schichten, 650—656 unterscheiden sich, soweit ich dieselben habe untersuchen können, nur durch ungleiche Korngrösse, Erhärtung und ungleiche Feinheit der Schichtung. Ihre Zusammensetzung weicht in keinem wesentlichen Punkte von dem weiter unten zu beschreibenden Trümmergestein des G. Badak ab.

Zu unterst liegen Gesteinsmassen, von denen JUNGHUHN nicht zu sagen weiss, ob es metamorphische oder eruptive Gesteinsarten seien; J. 657: „Steinart mit ausgeschiedenen glasigen Feldspathkrystallen von einem ganz krystallinischen Gefüge, zweifelhaft, ob umgewandelter Sandstein oder Trachyt" und J. 658: „Schwarzes, von Gewicht sehr schweres Conglomerat, aus eckigen basaltähnlichen Körnern von Erbsengrösse fest zusammengebacken" *.

Beide sind als eruptiv anzusehen, als Lavadecken. J. 657 ist ein ausserordentlich glasreicher *Augitandesit*. Die Glasmasse ist braun, nur wenig durch feine Körnchen getrübt, die *Feldspathkrystalle* nirgends sehr klein (nicht unter 6mik. dick) relativ kurz, die grösseren Individuen dermassen faserig, dass zwischen Nicols keine Streifung sichtbar wird. *Augit* ist in unregelmässigen stark zerklüfteten Brocken vorhanden, von 20—60mik. Durchmesser. Er hat eine ungewöhn-

---

* Ist rissig, die Risse mit Brauneisenstein gefüllt. Auf frischen Bruchflächen sieht man grosse *Olivinkörner*.

lich lichte, gelbliche Farbe und wie hiernach zu erwarten, keinen Dichroismus. Von *Magnetit* ist ziemlich viel vorhanden, in Aggregaten von etwa 30^{mik} Durchmesser, ausserdem viele schwarze Nädelchen und daraus zusammengesetzte dendritische Gebilde, die letzteren zum Theil rechtwinklig, zum Theil (Fig. 9) mit Winkeln des hexagonalen Systems, auf Ilmenit weisend, von dem grössere Stücke mit den bekannten zerhackten Umrissen nicht aufzufinden waren.

J. 658 könnte bei oberflächlicher Untersuchung für eine stärker entglaste Partie von 657 gehalten werden. Die Grundmasse ist ein dichter Mikrolithenfilz, wesentlich aus Feldspathnädelchen und Erzkörnchen zusammengesetzt, in dem hin und wieder, namentlich am Rande grösserer Feldspathkrystalle, Streifen und Flecken braunen Glases sichtbar werden.

Von dem *Feldspath* und *Augit* gilt alles, was bei J. 657 angeführt wurde. Die Erzdendriten sind nur spärlich durch einige Kreuzchen vertreten. Genauere Untersuchung lässt neben dem Augit *Olivin* entdecken, etwa eben so viel, als Augit, wodurch das Gestein dem *Basalt* genähert wird.

Das letzte der in diesem Abschnitt zu beschreibenden Eruptivgesteine, v. D. 114, hat *trachytische* Zusammensetzung, es ist ein recht grobkrystallinischer *Glimmertrachyt*, vom ersten (oberen) Wasserfall des Tji Kandé, also aus dem hinter der G. Linggoengwand liegenden Hochland von Djampang-koelon. Leider ist nicht zu ermitteln gewesen, ob das Gestein dort anstehend ist, oder, wie die Mehrzahl der Handstücke vom G. Linggoeng, aus Conglomeratschichten entnommen.

Die Grundmasse ist ein Gemenge sehr kleiner Feldspath- und Glimmerkryställchen mit farblosem Glas und spärlichem Erz. Die grösseren Glimmerdurchschnitte sind dunkelbraun, der Feldspath, vorwiegend monoklin, besitzt stark ausgeprägte Zonenstructur. Umhüllungen von Sanidin durch Plagioklas kommen wiederholt vor. Bemerkenswerth sind schliesslich noch die eigenthümlichen Verwitterungserscheinungen, welche der Feldspath aufweist. Das Verwitterungsprodukt ist weiss, feinkörnig, beinahe undurchsichtig, daher in durchfallendem Licht dunkelgrau; es kann die Krystalle umhüllen, kann als Zone innerhalb derselben auftreten und auch als Kern. Umhüllte Krystallaggregate, die nicht durchschnitten sind, gleichen dichten Haufen von Mikrolithen.

Tertiäre Conglomerate.

Die Conglomerate der Tjilĕtoekbai werden in den Catalogen unter drei Rubriken untergebracht: Nagelflue, Sandstein und Schiefer.

Die Gesteine, welche unter der ersten Benennung begriffen sind, stammen theils von einer Hügelreihe im Centrum der Alluvialfläche, dem G. Kiaradjadja (J. 648, 649) theils von Vorsprüngen des heutigen Seestrandes, Tandj. Tjipandjor (v. D. 202) und T. Karang èlang (v. D. 160). Es sind grobe Conglomerate von *Rollsteinen* verschiedener Art, die durch ein bald mergeliges bald thoniges Bindemittel lose zusammengehalten werden. Von Gesteinsarten habe ich darin angetroffen: Basalt und Augitandesit, von isolirten Gesteinsbestandtheilen: Sanidin, Chalcedon (aus Mandelsteinen wie J. 548 stammend) und Quarz, diesen letzteren nicht allein mit Glaseinschlüssen, sondern (in J. 649) auch solchen, der reich ist an Einschlüssen mit *beweglichen Libellen*. Hier sind demnach Gesteinstrümmer von verschiedenster Abstammung und Alter zusammengehäuft. Ich stelle mir diese Conglomerathügel als Stücke von Brandungswällen vor, zu denen hauptsächlich die Wasserfälle der Linggoengwand das Material mögen geliefert haben.

Die Sandsteine und Schiefer haben sich bisher sämmtlich als *Breccien* und *Tuffe* tertiärer Eruptivgesteine ausgewiesen.

Zu den Breccien gehört v. D. 143, als Thonschiefer vom zweiten (unteren) Wasserfall des Tji Kandé etikettirt, bestehend aus kleinen scharfkantigen Bruchstücken von Trachyt und Augitandesit und aus verkittendem weicherem Tuff von Andesitmaterial. Das Wasser hat durch Abspülung von Tuff und Abschleifen der blosgelegten Spitzen von Eruptivgestein der Gesteinsoberfläche das Ansehen von Oolith gegeben.

Als *Sandsteine* werden die *gröberen Tuffe* bezeichnet. Ihre recht gleichmässige Korngrösse und die meist sehr vollkommene Raumerfüllung lassen nicht daran zweifeln, dass sie unter Wasser abgelagert sind. Dahin gehören Sandstein vom Karang kapitoe (J. 679, 681), vom G. Badak (J. 668), vom Tji Letoek (J. 650, 651) vom ersten Wasserfall des Tji Kandé (v. D. 136); die Schiefer unterscheiden sich durch geringere Korngrösse (J. 670, vom G. Badak), werden sie durch Verkieselung gehärtet, so kann Verwechselung mit aphanitischen Massengesteinen stattfinden (Aphanit v. D. 181), der in Wirklichkeit ein chloritreicher, stark verkieselter Andesittuff ist.

Genauer untersucht sind J. 679 und 668, sowie v. D. 136.

J. 679 und 668 enthalten viel *Sanidin* und *Quarz* neben wenig *Augit*, *Magnetit* und farblosen *Glasscherben*. Der Sanidin wie der Quarz führen Glaseinschlüsse, ersterer auch Mikrolithen. Das Bindemittel ist kieseliger Natur, durch Eisen gebräunt. In J. 679 fanden sich *Saussuritbrocken* mit eingeschlossenen schwarzen Nädelchen, ein Factum, das für die Altersbestimmung des Gabbro von Gewicht ist.

v. D. 136 ist aus trachytischem und andesitischem Material zusammengesetzt.

Er führt *triklinen* und *monoklinen* Feldspath, keinen Quarz, viel Augit. Das Bindemittel ist fast nur Brauneisenstein.

Ein höchst eigenthümliches Gestein ist v. D. 179 (Fig. 10 und 11), als Phonolith vom zweiten Wasserfall des Tji Kandé (Tjoeroek Sòdong) etikettirt.

Es ist ein *mikroskopisches Conglomerat* von kugelrunden mit Kalkspath inkrustirten Tuffbrocken, in einer kalkspathhaltigen Tuffmasse eingebacken, die feine, unversehrte Feldspathnadeln, einige Augitkryställchen und scharfkantige Glasscherben neben feinstem Gesteinsstaub und winzigen Mikrolithen enthält. Die Kerne der eingeschlossenen Rollsteinchen sind nicht ausnahmslos Tuff, vereinzelt kommen krystallinische Gesteinsfragmente als solche vor, auch sind ihre Durchschnitte, deren Grösse von 20 bis 200$^{mik.}$ variirt, nicht allemal kreisrund, die völlige Abrundung erfolgt in der Kalkspathhülle. Die Kalkspathringe, welche die dunklen Scheiben der Durchschnitte umschliessen, haben radial-stengelige Structur, vielfach senden sie regelmässig geordnete unter einander gleich lange zahnförmige Fortsätze in die umgebende Tuffmasse, wodurch die Scheiben eine auffallende Aehnlichkeit mit Zahnrädern erhalten. Die Form der Zähne entspricht der Combination von Prisma mit Skalenoëder, jeder Zahn ist *ein* mikroskopisches Kalkspathkryställchen.

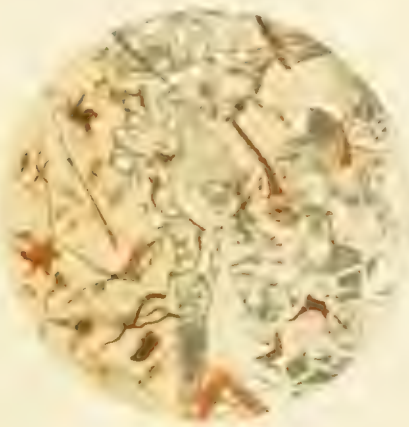
Salzsäure löst die Zähne und Ringe unter starkem Aufbrausen, während in den scheibenförmigen Kernen und der umgebenden Tuffmasse eine schwache, länger andauernde Gasentwickelung stattfindet.

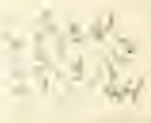
Die Kugeln sind aus kleinen Rollsteinen entstanden, zu deren völliger Abrundnung die Incrustirung mit leicht schleifbarem Kalkspath beigetragen hat. An den *kristallinischen* Kernen bemerkt man, dass ihre Gestalt noch stark von der Kugelform abweicht. Daraus ist auf Mitwirkung von fliessendem Wasser oder von Brandungswellen zu schliessen, und zwar unter Verhältnissen, die eine Abscheidung von Calcit gestatteten. Weiter setzt die höchst gleichmässige und vollkommene Ausbildung der Kalkspathstacheln voraus, dass die einhüllende Schlammasse lange Zeit weich blieb und in derselben die Möglichkeit der Calcitabscheidung fortbestand.

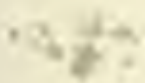
Es liegt nahe, an Tuffbildung in Folge submariner Eruptionen zu denken. Wäre *sämmtliches* Material des interessanten Conglomerats durch fliessendes Wasser transportirt, so würde man schwerlich die langen dünnen Feldspathstäbchen finden, welche zwischen den Kugeln zerstreut liegen und müsste erwarten, dass die Glasscherben und grösseren Feldspathkrystalle der Grundmasse von gleicher Grösse mit den Kernen der Stachelkugeln ihrer scharfen Kanten und Ecken beraubt wären. Ob dieser Schluss, der in ähnlicher Weise auf alle bisher untersuchten geschichteten Gesteine der G. Linggoengwand anzuwenden

wäre, und in Einklang stehen würde mit dem, was JUNGHUHN über das divergente Fallen der Schichten sagt (Java III, 38), statthaft ist, will ich unentschieden lassen, bis ich Gelegenheit gefunden habe, die Structur von Tuffen kennen zu lernen, die aus vulkanischen Schlammströmen entstanden sind.

Fig.	1.	Olivingabbro v. D. 120, Tji Batoenoengoel, Vergrösserung	20
»	2.	Olivingabbro, in Serpentin übergehend, J. 671, G. Karang ĕlang . .	20
»	3.	Trichite von Magnetit aus dem verwitternden Olivin von J. 671 . .	100
»	4.	Olivindiabas, v. D. 123, G. Kapok	20
»	5.	Saussuritgabbro, J. 675, K. Karang kapitoe.	30
»	6.	Tachylyt, J. 708, Tji Boeajah südl. vom Karang kapitoe	50
»	7.	Trichite aus dem Augit von J. 708	250
»	8.	Augit-Andesit, v. D. 141, G. Tjibioek	30
»	9.	Dendriten von Titaneisen aus J. 657, Augit-Andesit vom Wasserfall des Tji Lĕtoek.	100
»	10.	Conglomerat (Trachyttuff), v. D. 179, vom 2en Wasserfall des Tji-Kandé.	30
»	11.	Dasselbe Conglomerat (v. D. 179).	250







O. Karang tahoe
O. Tjikiang
O. Tjimarindjoeng
Tji Kiang
Tji Tarnagjeel
Tji Marindjoeng
Tjiletock-Baai.
(Tanah-Baai.)
O. Karang tjang
P. Pator
P. Mandra
P. Manock
O. Hijang
Karang Badak
Tjiletock
Tji Kande
Tjiatol
Tji Atol
Tjikande
Tji Kande
Tji Kiwang
Tji Hidong
G. Kiaradjadja
Tji Letock
Tji Badak
Tji Bagajah
Tji Boelakan
Tjiletoe
G. Linggoeng
Sidongparang
Karang Gadjah
Poel. Manok
T. Karangkapitoe
T. Tjantigi

ONDERZOEKINGEN

OMTRENT DE

OVEREENSTEMMENDE EIGENSCHAPPEN DER NORMALE

VERZADIGDEN-DAMP- EN VLOEISTOFLIJNEN

VOOR DE

VERSCHILLENDE STOFFEN EN OMTRENT EEN WIJZIGING IN DEN VORM DIER LIJNEN BIJ MENGSELS.

DOOR

J. D. VAN DER WAALS.

§ 1. Zooals bekend is, bestaan er op elke isothermische lijn eener stof, beneden de kritische temperatuur, twee punten, die als de grens beschouwd mogen worden, waarbuiten het mogelijk is dat de stof homogeen de aangeboden ruimte vult. De plaats, waar die punten liggen, is echter van verschillende omstandigheden afhankelijk, zooals van den aard der wanden, den vorm der ruimte, enz. Maar voorloopig mogen, als de gewichtigste onder de mogelijke plaatsen dezer punten, diegenen beschouwd worden, welke het volume van den verzadigden damp aangeven, of van de vloeistof, als het mogelijk is om, zonder verandering van druk, van het eene volume tot het andere over te gaan. In dat geval zijn die punten, zooals het eerst door MAXWELL in 1875 en later in 1879 door CLAUSIUS is aangetoond, op zoodanige hoogte gelegen, dat deze als de gemiddelde mag beschouwd worden van de hoogten, waarop de punten der theoretische kromme boven de abscissen-as gelegen zijn.

In hoofdvorm is de lijn, die het resultaat dezer constructie is, bekend.

Denkt men zich den oorsprong der assen, zooals gewoonlijk, links geplaatst, dan heeft men aan den rechterkant de reeks van punten, die het volume en den druk van den verzadigden damp aangeven. Naarmate de temperatuur stijgt, neemt de druk toe en het volume af. Op zekere hoogte komt een buigpunt voor, en in de nabijheid van het kritisch punt is het toppunt bereikt.

In dat punt vereenigt zich de rechtertak met de rij van punten, die het volume van de vloeistof onder den druk van den verzadigden damp aangeven. Deze puntenreeks vormt een gedeelte der lijn, dat boven langzaam, maar reeds spoedig zeer snel naar beneden daalt en slechts weinig breedte in het veld der teekening inneemt, daar het grootste vloeistofvolume slechts weinig malen grooter is dan het kleinste, dat mogelijk zou zijn.

Een formule voor deze lijn is echter nog niet gevonden.

Reeds lang kwam het mij hoogst waarschijnlijk voor dat bij alle stoffen, waarbij geen bijzondere omstandigheid als dissociatie plaats grijpt, en dus waarbij de molekulen zich onafhankelijk van elkander blijven bewegen, de formule voor deze lijn een zelfde zou moeten zijn, slechts verschillend door andere waarden van daarin voorkomende constanten. Deze constanten zouden geen andere kunnen zijn dan die, welke ook voorkomen in de formule, welke de samendrukbaarheid aangeeft, en die ik in de „continuïteit van den gas- en vloeistoftoestand" door a en b heb aangeduid.

§ 2. Reeds meermalen heb ik beproefd om uitgaande van de formule:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R(1 + \alpha t) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

door toepassing van den hierboven herinnerden regel van MAXWELL en CLAUSIUS, de formule der verzadigden-damp- en vloeistoflijn * vast te stellen.

De eerste poging daartoe heb ik in het werk gesteld na kennisneming van het thermo-dynamisch oppervlak van GIBBS. Dit oppervlak, waarbij volume, energie en entropie als coördinaten gekozen zijn, levert de hier besproken lijn als de meetkunstige plaats der punten, die zoo gekozen zijn, dat het raakvlak aan zulk een punt nog een tweede raakpunt met het oppervlak gemeen hebbe. Maar het bleek mij spoedig, dat de berekeningen niet eenvoudiger zijn dan het geval is, wanneer men dat oppervlak niet te hulp neemt, terwijl vereenvoudigingen in die berekeningen weder tot dezelfde wijze van bewerking voeren als uit den regel van MAXWELL-CLAUSIUS volgt.

Niet alleen de langwijlige berekening en ingewikkeldheid der eindformule

* Kortheidshalve zal ik die lijn *»grenslijn"* noemen.

hielden mij echter terug, mijn uitkomsten mede te deelen, maar ook de volgende overweging. De formule (1) toch geldt alleen voor volumes grooter dan $2\,b$. Past men nu op deze formule den regel van MAXWELL-CLAUSIUS toe, dan zal de uitkomst toch slechts kunnen gelden voor een klein gedeelte der hier besproken lijn, nl. voor de punten in de nabijheid van den top. En de meest nauwkeurige waarnemingen voor de verzadigde dampen zijn daarentegen gedaan bij drukkingen, die punten betreffen, ver van den top gelegen. Ik meende dus dat geen materiaal, ter verificatie geschikt, voorhanden zou zijn.

Op dit zelfde standpunt moet ik erkennen nog te staan, wat betreft de formule dezer lijn zelve. Het is mij echter gelukt een opmerking te maken, wat betreft de onderlinge vergelijking der verschillende lijnen voor verschillende vloeistoffen, die wel is waar ook slechts met zekerheid volgt voor punten in de nabijheid van den top, maar met hoogen graad van waarschijnlijkheid ook geldig zal moeten zijn voor het geheele beloop dezer lijnen.

§ 3. Uit de formule:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R\,(1 + \alpha t) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

volgt (*Continuïteit* enz. pag. 84) voor de kritische omstandigheden:

$$\text{kritische druk} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad p_1 = \frac{a}{27\,b^2},$$

$$\text{kritisch volume} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad v_1 = 3\,b,$$

$$\text{kritische temperatuur} \quad \ldots \quad 1 + \alpha t_1 = \frac{8}{27}\,\frac{a}{b\,R}.$$

Stellen wij nu

$$p = \varepsilon\, p_1,$$

$$v = n\, v_1,$$

en

$$1 + \alpha t = m\,(1 + \alpha t_1),$$

dan wordt (1):

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{n^2}\right)(3\,n - 1) = 8\,m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Uit deze formule blijkt, dat als wij den druk in deelen van den kritischen druk, het volume in deelen van het kritisch volume en de absolute temperatuur in deelen van de kritische absolute temperatuur uitdrukken, de isothermen voor alle stoffen dezelfde zijn.

Al wat de stof bijzonder eigen was, het *specifieke*, is weggevallen. De talrijke gevolgen, die hieruit af te leiden zijn, ga ik, als niet rechtstreeks tot het hier beoogde doel voerende, voorbij. Alleen herinner ik aan de bijzonderheid, dat bij de kritische omstandigheden het product van drukking en volume gebleken is steeds eenzelfde gedeelte te zijn, van wat uit de wet van BOYLE en GAY-LUSSAC zou volgen.

De lijn, door (2) voorgesteld, zal ik de gereduceerde isotherme noemen. Past men nu op zulk een gereduceerde isotherme den regel van MAXWELL-CLAUSIUS toe, dan moeten de snijpunten voor alle stoffen natuurlijk dezelfde gevonden worden, — en een gereduceerde grenslijn leveren, waaruit gemakkelijk de ware voor elke stof kan afgeleid worden.

§ 4. Volgens den regel van MAXWELL-CLAUSIUS moet, als het volume van den verzadigden damp door γ en dat van de vloeistof door v wordt aangeduid, de volgende vergelijking gelden:

$$p\,(\gamma - v) = \int_v^\gamma p\,dv$$

of

$$p\,(\gamma - v) = R\,(1 + \alpha t)\,Nep.\,log.\,\frac{\gamma - b}{v - b} + \frac{a}{\gamma} - \frac{a}{v},$$

stelt men hierin weder

$$p = \varepsilon\,p_1$$

$$1 + \alpha t = m\,(1 + \alpha t_1)$$

$$\gamma = n_3\,v_1$$

en

$$v = n_1\,v_1$$

dan verkrijgt men:

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{n_1\,n_3}\right)(n_3 - n_1) = \frac{8}{3}\,m\,Nep.\,log.\,\frac{3\,n_3 - 1}{3\,n_1 - 1}$$

Uit deze vergelijking, en uit de beide volgende:

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{n_1^2}\right)(3n_1 - 1) = 8m$$

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{n_3^2}\right)(3n_3 - 1) = 8m$$

kan men door eliminatie van n_1 en n_3 een betrekking tusschen ε en m vinden; stellen wij ze onder dezen vorm:

$$\varepsilon = \varphi(m),$$

dan is de gedaante dezer functie onafhankelijk van den aard der stof, of met andere woorden: „*Is, voor de verschillende stoffen, de absolute temperatuur een „zelfde gedeelte van de kritische absolute temperatuur, dan is ook de druk voor „allen een even groot gedeelte van den kritischen druk.*"

§ 5. Door eliminatie van n_1 en ε, zou men een betrekking hebben kunnen vinden tusschen m en n_3. Deze zelfde betrekking zou men ook vinden tusschen m en n_1 door eliminatie van n_3 en ε.

De vergelijking:

$$n = \psi(m)$$

moet dus van dien aard zijn, dat zij ten opzichte van n ten minste tweewaardig is, en voor alle stoffen van dezelfde gedaante.

Vandaar deze tweede regel:

„*Is, voor de verschillende stoffen, de absolute temperatuur een zelfde gedeelte van „de kritische absolute temperatuur, dan is ook het volume, hetzij van den verza-„digden damp of van de vloeistof, een even groot gedeelte van het kritisch volume.*"

Een dergelijke eigenschap zal dan ook moeten gelden voor $n_3 - n_1$. Immers als:

$$n_3 = \psi_3(m)$$

en

$$n_1 = \psi_1(m)$$

zal

$$(n_3 - n_1) = \psi_2(m)$$

moeten zijn.

Op dergelijke wijze kan men tot een betrekking

$$n = \xi(\varepsilon)$$

besluiten.

Het resultaat kan men geometrisch aldus uitdrukken: „*Als men voor de ver-*
„*schillende stoffen de grenslijn heeft geconstrueerd — druk en volume in zoodani-*
„*gen maatstaf nemende, dat het toppunt samenvalt — dan bedekken die lijnen*
„*elkander volkomen.*"

§ 6. Door CLAUSIUS is (WIEDEMANN's *Annalen* Band IX, Heft 3. 1880) een wijziging in de formule (1) voorgesteld, die haar de volgende gedaante doet aannemen:

$$\left\{p + \frac{a}{T(v+\beta)^2}\right\}(v-b) = RT \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Zonder nu de bezwaren, die in mijn oog bestaan tegen het aannemen dezer wijziging, op te noemen, zal ik doen zien, dat ook deze formule tot dezelfde uitkomsten voert, die in de twee vorige paragrafen zijn aangegeven.

Door $v + \beta = v'$ te stellen, wordt (4)

$$\left(p + \frac{a}{Tv'^2}\right)[v' - (b+\beta)] = RT.$$

Noemen wij weder den kritischen druk p_1, het kritisch volume v_1, en de absolute kritische temperatuur T_1, dan is:

$$p_1 = \frac{a}{27\,T_1\,(b+\beta)^2},$$

$$v_1 = 3b + 2\beta$$

en

$$T_1^2 = \frac{8}{27}\,\frac{a}{(b+\beta)\,R}.$$

Stellen wij nu:

$$p = \varepsilon\, p_1$$

$$T = m\, T_1$$

of

$$v = n\,(v_1 + \beta) - \beta\,,$$

dan wordt (4)

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{m\,n^2}\right)(3n-1) = 8m\,.$$

De toepassing van den regel MAXWELL—CLAUSIUS voert hier tot de betrekking:

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{m\,n_1\,n_3}\right)(n_3 - n_1) = \frac{8}{-}\, m\, Nep.\, log.\, \frac{3n_3 - 1}{3n_1 - 1}$$

Uit deze vergelijking en uit de beide volgende

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{m n_3^2}\right)(3 n_3 - 1) = 8 m$$

en

$$\left(\varepsilon + \frac{3}{m n_1^2}\right)(3 n_1 - 1) = 8 m$$

wordt door eliminatie van n_1 en n_3 weder een vergelijking gevonden van de gedaante

$$\varepsilon = \varphi'(m),$$

waaruit wij den regel, aan het einde der 4de paragraaf gegeven, terugvinden.

Evenzoo wordt een vergelijking gevonden

$$n_3 = \psi_3(m)$$

$$n_1 = \psi_1(m)$$

en

$$(n_3 - n_1) = \psi_2(m)$$

Daar

$$n_3 - n_1 = \frac{\gamma - v}{3(b + \beta)} = \psi_2(m),$$

voert de formule van CLAUSIUS tot deze uitkomst, dat, als het volume uitgedrukt wordt in deelen van $b + \beta$, de druk in deelen van den kritischen druk en de temperatuur in deelen van de kritische temperatuur, de gereduceerde grenslijnen voor alle stoffen gelijk en gelijkvormige figuren zijn. Alleen, ze behoeven elkander niet noodwendig te bedekken.

Daar CLAUSIUS zijn formule als geldig beschouwt, ook bij alle volumes, volgt dus, dat deze regels ook bij die deelen van de grenslijn zullen moeten gelden, die ver van den top verwijderd zijn.

Worden zij echter bevestigd gevonden, dan is dit niet omgekeerd een zeker bewijs voor de juistheid van de wijziging, door CLAUSIUS aangebracht.

Daar toch reeds twee verschillende gedaanten voor de isotherme tot gelijksoortige wetten voor de grenslijn voeren, laat het zich verwachten, dat ook bij veranderlijke waarde der grootheid b, zooals die bij volumes beneden $2b$ volgens mijne beschouwing moet aangenomen worden, mits die veranderlijkheid voor de

verschillende stoffen op gelijksoortige wijze plaats grijpe, die zelfde regels voor de verzadigde dampen zullen gevonden worden.

§ 7. Voor het onderzoek of de formule

$$\varepsilon = \varphi(m)$$

voor alle stoffen met dezelfde gedaante van φ geldt, staat een uitgebreid materiaal ten dienste. Daarvoor kunnen dienen al die stoffen, waarvan de kritische druk en de kritische temperatuur, en waarnemingen voor de dampspanning bekend zijn. Tot deze stoffen behooren koolzuur, aether, zoutzuur, aethyleen, acetyleen, zwavelkoolstof, zwaveligzuur, en nog vele anderen. Voor dit onderzoek heb ik gemeend alcohol niet te moeten bezigen. De waarnemingen omtrent kritische temperatuur en druk loopen zoo ver uiteen, dat blijkbaar de waarnemers met andere stoffen geëxperimenteerd hebben. Zoo vindt CAGNIARD DE LA TOUR: $p_1 = 119$ en $T_1 = 532^0$, en SAJOTSCHEWSKY (*Beiblätter* enz. 1879, N°. 10) $p_1 = 62{,}1$ en $T_1 = 507^0{,}3$. Verschillend watergehalte kan hiervan oorzaak zijn.

Maar ook voor de andere stoffen, waarvoor de waarnemingen meer overeenstemmende uitkomsten opleveren, mag niet vergeten worden, dat vooral de kritische druk voor geen enkele stof met volkomen zekerheid bekend is: niet alleen, omdat de geringste vreemde bijvoeging bij de kritische omstandigheden groote wijziging in den druk veroorzaakt, maar ook omdat die druk slechts bij benadering bekend is, daar die uit het volume van een of ander permanent gas door toepassing der wet van BOYLE is opgemaakt.

Volkomen overeenstemming kan men dus in de volgende rij van getallen niet wachten.

Toch zijn de overeenstemmingen zoo groot, dat ik nog niet beslissen durf of de regel volkomen juist is, dan wel als een benaderingsregel moet aangemerkt worden over het geheele beloop der damplijn.

§ 8. Vooraf laat ik een vergelijking gaan van aether en SO_2: twee stoffen, die, wat hare samenstelling betreft, ver uit elkander liggen. De kritische druk verschilt eveneens sterk. De noodige getallen zijn ontleend aan de waarnemingen van SAJOTSCHEWSKY.

Daar deze waarnemingen de dampspanning aangeven voor temperaturen, die met 10^0 opklimmen, zijn sommige der noodige getallen niet uit de tabel zelve te ontleenen, maar moeten door interpolatie worden opgemaakt:

SO_2.		Aether.	
$p_1 = 78{,}9$	$T_1 = 428^0{,}4$	$p_1 = 36{,}9$	$T_1 = 463^0$.

Tot toelichting der volgende reeks, diene een voorbeeld voor de noodige berekeningen. Zoo geeft SAJOTSCHEWSKY voor SO_2

$$t^0 = 150 \qquad p = 71{,}45.$$

De druk voor aether, die aan dezelfde waarde van ε beantwoordt, is 33,45. Uit de tabel voor aether blijkt dat aetherdamp deze spanning heeft bij $t^0 = 183^0{,}3$.

Dus is

$$m \text{ (voor } So_2) = \frac{273 + 150}{428{,}4} = 0{,}987$$

en

$$m \text{ (voor aether)} = \frac{273 + 183{,}3}{463} = 0{,}986$$

p.		m.	
SO_2	Aether.	SO_2	Aether.
60	28,4	0,964	0,963
49,97	23,4	0,941	0,940
41,56	19,4	0,918	0,918
33,95	15,9	0,894	0,895
27,82	13,0	0,871	0,872
22,47	10,5	0,848	0,849
18,09	8,46	0,825	0,828
14,31	6,69	0,801	0,807
11,09	5,18	0,777	0,784
8,43	3,94	0,754	0,762

De waarnemingen van SAJOTSCHEWSKY gaan voor SO_2 niet verder, en is dus een verdere vergelijking niet mogelijk.

Hadden wij, de waarnemingen van SO_2 vertrouwende, willen berekenen bij welke temperatuur aetherdamp 3,94 atmosfeer-spanning heeft, dan zouden wij $t = 76^0$ vinden. Volgens de waarneming zou dit bij ongeveer 79^0 het geval zijn.

Neemt men in aanmerking, dat bij al deze waarnemingen de druk niet rechtstreeks is gemeten, maar door de volumevermindering van een gas, dan moet men uit deze getallen zoo niet de volkomen juistheid van den regel, dan toch een zeer hoogen graad van benadering, waarmede hij geldt, erkennen.

§ 9. Het nauwkeurigst onderzoek naar de juistheid van dezen regel zal wel

geleverd kunnen worden, door voor elke stof naast de waarde van ε die van m op te geven. Voor een reeks van stoffen heb ik die waarden berekend.

	Aether. $p_1 = 36{,}9$	(Sajotschewsky). $T_1 = 463$
	ε	m
	1	1
	0,865	0,978
	0,726	0,957
	0,605	0,935
	0,505	0,913
	0,418	0,892
(Regnault).	0,344	0,870
0,275	0,282	0,848
0,222	0,226	0,827
0,177	0,178	0,806
0,139	0,139	0,784
0,108	0,108	0,763
0,082	0,082	0,741
0,0615	0,0615	0,719
0,0451		0,697
0,0323		0,676
0,0226		0,654
0,0154		0,633
0,0102		0,611
0,0066		0,590

SO_2	(Regnault).	Chlooraethyl. $p_1 = 52{,}6$	(Sajotschewsky). $T_1 = 455{,}6$
ε	m	ε	m
0,1047	0,754	1	1
0,0778	0,731	0,8	0,972
0,0572	0,708	0,681	0,950
0,0410	0,684	0,574	0,928
0,0287	0,661	0,480	0,906
0,0184	0,637	0,398	0,884
0,0127	0,614	0,330	0,862
0,0080	0,591	0,282	0,840

Koolzuur. (ANDREWS).
$p_1 = 73$ $T_1 = 303{,}9$

ε	m
1	1
0,822	0,969
0,669	0,941
(REGNAULT).	
0,893	0,981
0,795	0,964
0,622	0,931
0,479	0,898
0,362	0,865
0,269	0,832
(FARADAY).	
0,510	0,895
0,421	0,876
0,367	0,858
0,312	0,840
0,266	0,821
0,223	0,803
0,185	0,786

De door verschillende waarnemers gevonden getallen loopen dikwerf zooveel uiteen, dat het vooralsnog niet met zekerheid te beslissen valt, of de regel slechts een benaderde is. Zoo leveren de waarnemingen van REGNAULT voor $\varepsilon = 0{,}269$ een waarde van $m = 0{,}832$, en die van FARADAY voor nagenoeg dezelfde waarde van ε een waarde voor $m = 0{,}821$.

§ 10. Dat de regel ook praktisch van belang is, kan o. a. blijken door de temperatuur te berekenen, waarop een damp een gegeven spanning moet hebben.

Wij willen bijv. het kookpunt van koolzuur berekenen onder den druk van een atmosfeer. Stellen wij de waarnemingen omtrent aetherdamp bekend. Dan moeten wij eerst zoeken voor welke waarde van p de grootheid ε bij aether dezelfde waarde heeft als zij bij koolzuur heeft, als $p = 1$ wordt genomen. Dit is bij een druk van 384 m.M. De temperatuur is dan ongeveer $16^0.5$ en dus $m = 0{,}625$. De waarde $0.625 \times 303{,}9$ geeft dan de absolute temperatuur. Wij vinden $t = 83^0$. De waarnemingen van FARADAY geven $p = 1{,}2$ bij $t = -79^0$. Daar voor $p = 1{,}8$ $t = -73^0{,}3$ is, levert de waarneming $p = 1$ voor $t = -81^0$.

§ 11. De regel kan ook gebezigd worden ter berekening van den kritischen druk en de kritische temperatuur eener stof, als er waarnemingen omtrent de dampspanning bekend zijn. Zoo is voor water de kritische temperatuur slechts bij benadering bekend en van den kritischen druk weet men alleen, dat deze hoog is. De kritische temperatuur op 410 + 273 stellende, heeft men de dampspanning bij bepaalde gedeelten van 683° slechts te vergelijken met de dampspanning bijv. van aether bij even groote gedeelten van 463°.

Is de kritische temperatuur van water dus goed gekozen, dan moet er tusschen de spanningen der twee dampen steeds een zelfde verhouding bestaan; dezelfde verhouding namelijk als tusschen de kritische drukkingen.

Een reeks bij elkander behoorende temperaturen zijn dan:

	Aether.	Water.
$t =$	0	128
	10	142.7
	20	157.4
	30	172.1
	40	186.8
	50	201.5.

De dampspanningen zijn dan:

Aether.	Water.
184 m.M.	1920
286	2917
432	6330
634	6250
907	8800
1264	12050.

De verhoudingen zijn:

10,3 10,2 10 9,8 9,6

Daar deze verhoudingen niet gelijk blijven, maar geregeld afnemen, is waarschijnlijk 410° te hoog voor de kritische temperatuur van water.

Neemt men daarvoor 390°, dan vindt men voor de verhoudingen:

7.63 7,6 7,5 7,52 7,55

Stelt men 7.55 als de verhouding, dan is de kritische druk van waterdamp

gelijk aan $7.55 \times 36{,}9 = 278$ atmosfeer. Daar wij echter niet zeker zijn, dat ver van den top der grenslijn de regel volkomen juist is, kan dat getal slechts als een aanwijzing beschouwd worden, hoe hoog de kritische druk ongeveer is.

§ 12. Wij zullen nu overgaan tot het onderzoek in hoever de formule:

$$n_3 - n_1 = \psi_2(m)$$

als voor alle stoffen dezelfde door de ervaring bevestigd wordt.

Daartoe zullen wij ze eerst een eenigszins andere gedaante geven.

Volgens § 4 kan men daarvoor schrijven:

$$\frac{V - v}{v_1} = \psi_2(m) ,$$

als V het damp- en v het vloeistofvolume voorstelt, en v_1 het kritisch volume.

Stellen wij de gewichtshoeveelheid een kilogram, dan wordt $V-v$ gewoonlijk door u voorgesteld. Het kritisch volume v_1 is gelijk aan $3\,b$. Maar dan is als eenheid van volume dat genomen, wat de stof onder den druk van 1 atmosfeer bij 0^0 inneemt. Noemen wij dat volume σ dan moet dus:

$$\frac{u}{3\,b\,\sigma} = \psi_2(m)$$

zijn.

Daar σ omgekeerd evenredig aan het molekulair-gewicht μ is, kan ook de volgende gedaante gekozen worden:

$$\frac{u\,\mu}{b} = f(m) = F(\varepsilon) .$$

In woorden gebracht hebben wij dan dezen regel:

„*Het verschil van het specifiek damp- en vloeistofvolume, vermenigvuldigd met „het molekulair-gewicht en gedeeld door het volume der molekulen, is bij span- „ningen, die gelijke gedeelten van den kritischen druk zijn, voor alle stoffen even „groot.*"

Hierbij moet opgemerkt worden, dat door het volume der molekulen moet verstaan worden het *gedeelte* van de ruimte, die de molekulen bij den druk van 1 atmosfeer en bij 0^0 innemen.

De laatste formule is voor het onderzoek de geschiktste. De vorige bevat den regel onder eenvoudiger gedaante.

Voor het onderzoek stuiten wij op deze zwarigheid, dat in de nabijheid van

den top der grenslijn uiterst weinig waarnemingen bekend zijn. Wij zullen dus het onderzoek bij andere deelen dier lijn in het werk moeten stellen.

§ 13. Om bij dit onderzoek geen grootheid te behoeven te gebruiken, waaromtrent wij niet zeker zijn, zullen wij van b voorloopig geen gebruik maken.

Dan onderzoeken wij of voor twee stoffen de grootheden u bij gelijke gereduceerde temperaturen steeds een zelfde verhouding geven. Doen wij dit eerst voor aether- en waterdamp, weder 390° als kritische temperatuur aannemende.

De temperaturen zijn dan:

	Aether.	Water.
$t =$	0	118
	10	$132\frac{1}{3}$
	20	$146\frac{2}{3}$
	30	161
	40	$175\frac{1}{3}$
	50	$189\frac{2}{3}$
	60	204.

De waarden van u, aan de tafels van ZEUNER ontleend, zijn:

Aether.	Water.
1,272	0,924
0,839	0,611
0,571	0,418
0,398	0,293
0,285	0,210
0,209	0,155
0,156	?.

De verhoudingen $\frac{1,272}{0,924}$ enz. zijn:

1,37	1,37	1,36	1,36	1,36	1,35

Deze verhouding leert ons nu ook de waarde van b voor waterdamp kennen. Immers daar:

$$\frac{u\,\mu}{b} = \frac{u'\,\mu'}{b'}$$

is, en $\mu = 18, \mu' = 74$ stellende, vinden wij $b = \frac{b'}{5,5}$.

Wij zullen straks uit de waarnemingen van SAJOTSCHEWSKY $b' = 0,00575$ vinden, waaruit b voor water gelijk aan 0,00105 volgt.

Als verificatie zullen wij met $b = 0{,}00105$ den kritischen druk van waterdamp berekenen uit de formule $p_1 = \frac{a}{27\,b^2}$.

Wij vinden dan, daar $\frac{a}{b}$ uit de kritische temperatuur $= 8{,}2$ gevonden wordt, $p_1 = 289$. In § 11 vonden wij daarvoor 278 atmosfeer.

§ 14. Maar misschien is het wenschelijk ook de formule $\frac{u\,\mu}{b} = f(m)$ rechtstreeks te toetsen bij die stoffen, waarbij b vooraf kan bepaald worden.

In § 3 is herinnerd, hoe uit de kritische omstandigheden de grootheden a en b bepaald kunnen worden.

Nog eenigszins eenvoudiger vindt men b uit de vergelijking:

$$p_1 = \frac{1 + \alpha\, t_1}{8\, b}$$

welke onmiddellijk uit de vergelijkingen van het begin van § 3 kan afgeleid worden. R is gelijk aan de eenheid gesteld, volgens de beteekenis, die wij aan b_2 hebben gegeven.

Wij zullen dan eerst een lijst van kritische temperaturen en drukkingen en daaruit berekende waarden van b doen volgen:

		p_1	t_1	b
Koolzuur . . .	(ANDREWS)	73	30,9	0,002
Aether	(SAJOTSCHEWSKY)	36,9	190	0,00575
CS_2.	(„)	74,7	271,8	0,00334
SO_2	(„)	78,9	155,4	0,00249
Alkohol. . . .	(„)	62,1	234,3	0,00374
„	(HANNAY)	65	234,6	0,00356
„	(CAGNIARD)	119	256	0,00203
Chlooraethyl .	(SAJOTSCHEWSKY)	52,6	182,6	0,00397
Benzol.	(„)	49,5	280,6	0,00513
Aceton.	(„)	52,2	232,8	0,00444
„	(„)	60	237,5	0,00390
Chloroform . .	(„)	54,9	260	0,00444
C_2H_4	(V. D. WAALS)	58	9,2	0,00223
$Cl\,H$.	(ANDSELL)	86	51,25	0,00173
C_2H_2.	(„)	68	37	0,00209
CCl_4.	(HANNAY)	58,1	277,9	0,00436
CS_2	(„)	77,9	273	0,00321

§ 15. Nemen wij nu voor de dampen, waarvoor in de tabellen van ZEUNER waarden van u te vinden zijn, een reeks van overeenstemmende drukkingen. Bijv.:

	Aether,	Alcohol,	Aceton,	Chloroform,	Chloorkoolstof.
$p =$	4953,	8325,	6982,	7400,	7826 m.M.

Dan zijn de waarden van u:

$u =$	0,056	0,058	0,056	0,027	?
$\mu =$	74	46	58	119,5	154
$b =$	0,00575	374	444	444	436
$\frac{u\mu}{b} =$	721	714	731	727	

Een andere reeks waarden voor:

$p =$	2476,	4162,	3491,	3700,	3913
$u =$	0,113	0,118	0,113	0,053	0,036

geeft voor $\frac{u\mu}{b}$

1455	1451	1476	1430	1300

Ook bij andere gelijke gereduceerde drukkingen wordt die wet bevestigd gevonden. Maar men ziet dat CCl_4 en CS_2 afwijken.

Neemt men echter in aanmerking van hoeveel bepalingen de grootheden afhangen, die tot deze vergelijking gediend hebben, dan zal men nog geen recht hebben de gegeven regels met zekerheid als slechts benaderde te beschouwen.

§ 16. Neemt men de wijziging aan, die CLAUSIUS in de formule der isotherme heeft aangebracht, dan wordt slechts weinig in het voorgaande veranderd.

Volgens § (6) moet dan $\frac{u\mu}{b+\beta}$ voor gelijke gereduceerde drukkingen of temperaturen gelijk zijn. Maar de grootheid $(b + \beta)$ van CLAUSIUS wordt uit de kritische gegevens op dezelfde wijze berekend als de hierboven gebezigde grootheid b.

Alleen bestaat er verschil hierin. Volgens mijne beschouwing is de grootheid b 4-maal het volume der molekulen; volgens CLAUSIUS' beschouwing zou die grootheid eerst met de onbekende grootheid β verminderd moeten worden om een maat voor het volume der molekulen te kunnen geven.

§ 17. Enkele andere eigenschappen der verschillende grenslijnen kunnen uit de vorige regels worden afgeleid.

Zoo zal het product $p\,u$ een maximumwaarde moeten vertoonen bij gelijke gereduceerde temperaturen.

Neemt men echter in acht, hoe onzeker de waarden van $p\,u$ nog zullen zijn, dan kan men vooral daarvoor niet dan een benaderde bevestiging wachten.

Voor 4 stoffen toonen de tafels van ZEUNER een maximumwaarde van $p\,u$. Bij aether, bij een gereduceerde temperatuur, eene die weinig van 0,8 verschilt. Ongeveer die waarde vindt men ook bij aceton, $C\,Cl_4$ en $C\,S_2$ en wel 0,8 0,73 en 0,74.

Zijn de vorige regels geheel juist, dan kan ook een verband gevonden worden tusschen de latente dampwarmte der verschillende stoffen.

Stelt men n. l. in de bekende vergelijking:

$$\frac{d\,p}{d\,T} = \frac{r}{A\,T\,u}$$

voor p de waarde $\varepsilon\,p_1$
voor T de waarde $m\,T_1$
voor u de waarde $\varphi\,(m)\,\frac{b}{\mu}$,

dan verkrijgt men:

$$\frac{d\,\varepsilon}{d\,m} = \frac{8 \times 273}{A} \cdot \frac{r\,\mu}{T_1} \cdot \frac{1}{\varphi(m)}$$

Daar bij gelijke waarde van m of bij gelijke gereduceerde temperatuur $\frac{d\,\varepsilon}{d\,m}$ dan even groot moet zijn, zal:

$$\frac{r\,\mu}{T_1} = F(m)$$

moeten zijn, waar weder F voor alle stoffen gelijk is.

Deze betrekking herinnert aan de stelling van DESPRETZ.

Men kan de laatste vergelijking n. l. ook dezen vorm geven:

$$\frac{r}{u\,p_1} = \psi\,(m)\,.$$

Volgens de stelling van DESPRETZ zou voor alle stoffen $\frac{r}{u}$ bij temperaturen, waarbij de dampspanning gelijk was, even groot zijn.

Volgens den vorigen regel moet $\frac{r}{u}$ bij gelijke gereduceerde temperaturen even-

redig zijn aan den kritischen druk. Wij zullen eenige getallen tot voorbeeld geven in hoever de ervaring de formule:

$$\frac{r\,\mu}{T_1} = f(m) = \varphi(\varepsilon)$$

bevestigt.

Nemen wij r voor de volgende stoffen onder de bijgevoegde drukkingen in atmosferen:

	Water.	Aether.	Aceton.	Chloroform.	$C\,Cl_4$.	$C\,S_2$.
p . . .	7,5	1	1,41	1,49	1,57	2,03
r . . .	489	90	126,5	60	45	82,

dan is $\frac{r\,\mu}{T_1}$:

1,35	1,31	1,44	1,35	1,24	1,15.

Uit deze getallen schijnt te blijken, dat voor punten, die ver van den top der damp- en vloeistoflijn verwijderd zijn, de hier gevonden wetten slechts bij benadering gelden.

Waarnemingen voor punten dicht bij den top bestaan niet. De empirische formules toch voor de latente warmte gelden zeker niet voor hooge temperaturen. Er is n. l. geen enkele, die voor de kritische temperatuur een waarde $r = 0$ oplevert, zelfs niet ten naaste bij.

Nog dient opgemerkt te worden, dat de wet eischt, dat r voor alle stoffen op gelijksoortige wijze van m afhangt. Ook dat wordt niet door de empirische formules der latente warmte bevestigd; maar dit kan na de vorige opmerking over die formules ook niet verwacht worden.

§ 18. In den laatsten tijd zijn meermalen de dampspanningen van verschillende stoffen met elkander vergeleken, ten einde uit de eigenschappen van den eenen damp tot die van den anderen te kunnen besluiten. In het bijzonder is door WINKELMANN in Heft 2 en 3 der „WIEDEMANN'sche Annalen 1880" een formule, voor verschillende dampen geldig, gegeven, die volkomen dezelfde gedaante heeft, en slechts door de waarde van constanten verschilt. In die formule komen echter niet slechts 2 der grootheden p, v en T voor, maar 3, n. l. t, p en de densiteit of v. Berekent men uit die formules de grootheid, die WINKELMANN door $\frac{d_n}{d}$ voorstelt voor de kritische temperatuur der verschillende stoffen, dan

vindt men echter niet $\frac{8}{3}$, zooals de waarnemingen geleerd hebben, maar een veel kleiner getal. Dit reeds is voldoende om aan te toonen, dat deze wet alleen gelden kan bij benadering voor deelen van de damplijn, die ver van den top gelegen zijn, en nagenoeg even ver.

Zoo zal men in het algemeen, als zonder rationeele beteekenis, al die betrekkingen moeten verwerpen, waarbij eigenschappen voor gelijke spanningen of gelijke temperaturen gegeven worden. Immers, daar de kritische druk in het algemeen verschilt, kan nimmer een betrekking, die algemeen geldig moet zijn, bij gelijke spanning gelden. Is toch bij de eene stof de kritische druk aanwezig, en bij de andere nog niet, dan moet zulk een betrekking noodwendig falen.

Deze opmerking zal zeker voldoende zijn om veel van de gegeven betrekkingen onmiddellijk veel van haar beteekenis te doen verliezen.

§ 19. Een regel, die door het voorgaande veel in hechtheid van grondslag kan winnen, is de KOPP'sche regel voor de bepaling van het molekulair-volume.

De KOPP'sche regel schijnt mij uit twee afzonderlijke te bestaan, die elk voor zich op een hypothese berusten. De eerste is deze, dat men, door de ruimte, die een gram vloeistof inneemt, te vermenigvuldigen met het molekulair-gewicht, een relatieve maat verkrijgt voor de grootte der molekulen. Dit laatste zal blijkbaar waar zijn, óf als al de molekulen juist aan elkander sluiten, óf wanneer het volume juist een even groot aantal malen het molekulair-volume is. Dit laatste was de hypothese, waarop de KOPP'sche regel rustte. Aan een bewijs ontbrak het tot dusverre.

Alleen het tweede gedeelte van den regel, die, door bepaalde relatieve grootte aan de atomen toe te kennen, het molekulair-volume weder terug deed vinden, was indirect een bewijs.

Nemen wij de formule van § 5:

$$v = \varphi(m),$$

waarin v de beteekenis heeft van $\frac{v\mu}{b}$, en, bedenken wij, dat b 4-maal het molekulair-volume voorstelt, dan geeft de formule:

$$\frac{v\mu}{b} = \psi(m)$$

onmiddellijk den KOPP'schen regel, mits het volume v niet, zoo als die regel zegt,

genomen worde bij zulke temperaturen, waarbij de dampspanning even groot is, maar bij temperaturen, waarbij de gereduceerde dampspanning even groot is. Daar de KOPP'sche regel gewoonlijk wordt toegepast bij de spanning van 1 atmosfeer, zullen in verreweg de meeste gevallen de fouten gering zijn.

Aan de bepaling van b door de kritische omstandigheden zou echter, volgens het vorig onderzoek, de voorkeur moeten gegeven worden, indien niet aan den anderen kant de bepaling dier omstandigheden en in het bijzonder van den druk, een volkomen zuiverheid der stof eischte. De minste bijmenging van een andere stof zal den kritischen druk merkbaar doen veranderen.

§ 20. De vorige uitkomsten betroffen stoffen, waarbij men op volkomen, of ten minste op weinig na, volkomen zuiverheid kon rekenen. De lijn, die dan de grens aangeeft, waarbuiten de stof de ruimte gelijkmatig vult, kan als de *normale* beschouwd worden.

Maar er zijn tal van omstandigheden, waarin een zeer merkbare wijziging in die grenslijn voorkomt.

In het bijzonder komt een sterke verandering in den loop dezer lijn, als men niet met een homogene stof te doen heeft, waarbij alle molekulen aan elkander zijn, maar met een mengsel.

Ofschoon nog bijna geen waarnemingen bekend zijn, waardoor het *bestaan* van zulk een lijn, al is het dan ook met sterk veranderden loop, boven allen twijfel is vastgesteld, meen ik, dat er theoretische en empirische gegevens genoeg zijn om ze hoogst waarschijnlijk te achten. Enkele aanwijzigingen over de richting der afwijking van de normale *grenslijn*, kunnen zelfs reeds worden aangegeven; aan een verder onderzoek nauwkeuriger en juistere gegevens overlatende.

§ 21. Tot hiertoe heeft men, bij een mengsel van twee of meer stoffen, voor elk der bestanddeelen een gedrag gewacht, onafhankelijk of bijna onafhankelijk van de overige bestanddeelen.

De wet van DALTON over gasmengsels is de meest scherpe uiting van die beschouwingswijze. Men beschouwde ze als afzonderlijke individuën — ik meen, dat betere resultaten te wachten zijn van de omgekeerde beschouwingswijze: het mengsel n. l. te beschouwen als één individu. Daarvoor pleit in de eerste plaats, dat een mengsel even goed als een enkelvoudige stof een kritische temperatuur heeft. Boven die temperatuur zijn weder alle volumes bestaanbaar, waarbij het mengsel de gegeven ruimte gelijkmatig vult. De kritische temperatuur hangt natuurlijk wel samen met die der bestanddeelen van het mengsel, en met de verhouding, waarin zij voorkomen — is echter daarvan verschillende. Enkele waarnemingen hebben het mij waarschijnlijk gemaakt, dat de kritische

temperatuur van het mengsel, zelfs buiten die der bestanddeelen kan liggen. Boven die temperatuur gedraagt het mengsel zich dus volkomen als één geheel. De gedaante der isotherme schijnt óf geheel met die van een enkelvoudige stof saam te vallen, óf ten minste in hoofdtrekken die te volgen. En de waarnemingen, over de samendrukbaarheid der gassen en den invloed der temperatuur, zijn zelfs voornamelijk op een mengsel lucht gedaan. Die waarnemingen hebben, vergeleken met die van een enkelvoudige stof, zooveel overeenstemming getoond, dat men bijna vergeten zou, dat lucht een mengsel is.

Er is dus voor elken graad van samenstelling een waarde van de grootheden a en b, die natuurlijk weder met de waarde voor de bestanddeelen en den graad van samenstelling zal samenhangen.

De kritische omstandigheden zullen dan op dezelfde wijze van deze grootheden a en b moeten afhangen, als dit bij een enkelvoudige stof het geval is.

Maar evenals bij een enkelvoudige stof beneden de kritische temperatuur een gedeelte der isotherme, wegens het labiel zijn van het evenwicht, niet te verwezenlijken is, evenzoo is dat bij een mengsel het geval. Links en rechts van dat gedeelte kan de ruimte weder gelijkmatig gevuld zijn.

§ 22. Zijn deze beschouwingen juist, dan moet dus een mengsel, mits men het óf in een groot óf in zeer klein volume brengt, weder homogeen zich vertoonen. Voor groote volumes is dit algemeen erkend. Bij elke temperatuur toch kan een mengsel van twee gassen of dampen een groote ruimte gelijkmatig vullen. Voor zeer kleine volumes scheen mij dit in den beginne als ten eenen male onbekend. Ik heb daartoe eerst voor lucht en koolzuur, later ook voor andere mengsels, in willekeurige proporties, door middel van de pomp van CAILLETET, dit gevolg van deze beschouwingen onderzocht.

Voor een mengsel van 9 volume CO_2 en 1 volume lucht was de kritische temperatuur 25° en druk 77.5 atmosfeer. Bij 23°,5 begon bij $p = 73$ zich scheiding in twee gedeelten te vertoonen. Bij verder voortgezette vermindering van volume, nam de druk toe, en eerst bij 95 atmosfeer was de ruimte weder homogeen gevuld.

t	p_1	
25°	77,5	
23°,5	73	95
20°,4	72	103
19°,2	—	106
2°	—	145

Bij een mengsel van 7 vol. CO_2 en 3 vol. Cl H, werd het volgende gevonden:

kritische temp. $= 31^0,6$ druk $= 90$ atm.

	Condensatie.	Homogeen.
$t = 22^0,5$	$p = 69$	115
$t = 0$	$p = 39$	150

Later bleek mij, dat het verschijnsel reeds door Cailletet was opgemerkt (*Beiblätter* 1880 N°. 5).

Cailletet vond bij een mengsel van:

5 vol. CO_2 en 1 vol. lucht

de homogeniteit terug bij:

$t = 5^0,5$	10	13	18	19
$p = 132$	124	120	113	110

De proeven van Hannay omtrent de oplosbaarheid van vaste lichamen in gassen boven de kritische temperatuur dier gassen zijn ook een steun voor deze beschouwingen.

§ 23. Het schijnt bij den eersten oogopslag vreemd, dat de druk, waarbij de homogeniteit weder intreedt, met afnemende waarde van t toeneemt. Beschouwt men de zaak echter van naderbij, dan blijkt dat dit te wachten was.

Denken wij, dat wij een mengsel, bijv. CO_2 en lucht, bij een temperatuur beneden de kritische samendrukken.

Beginnen wij met een groot volume, dan is de ruimte gelijkmatig gevuld. Eindelijk bereikt men een volume, waarbij zich scheiding in twee deelen, een van groote, en een van geringere densiteit, vertoont. Maar behalve dit verschil is er in die twee deelen nog een ander onderscheid op te merken. Ook de samenstelling verschilt. Zoo zal het deel van groote densiteit voornamelijk koolzuur zijn, echter gemengd met eenige hoeveelheid lucht. In het gedeelte van geringe densiteit is betrekkelijk een grooter gedeelte lucht.

Maakt men het volume nu kleiner, dan verandert de samenstelling der twee gedeelten. Het vloeistofgedeelte wordt meer luchthoudend; het gasgedeelte meer koolzuurhoudend. Inmiddels neemt de druk toe en eindelijk is de samenstelling der twee gedeelten weder aan elkander gelijk, en heeft er gelijkmatige vulling der ruimte plaats.

De punten, die de grens aangeven, liggen nu op de isotherme niet even hoog,

maar aan de zijde der kleine volumes veel hooger. De theoretische isotherme wordt nu niet door een rechte lijn gesneden, die evenwijdig aan de volume-as loopt, maar door een kromme lijn. De nauwkeurige gedaante dezer lijn aan te geven, schijnt mij voor het oogenblik nog niet doenlijk. Deze zal afhangen van de bestanddeelen en de gebruikte hoeveelheid. Maar zooveel volgt toch uit het voorgaande, dat een der takken der grenslijn naar boven gebogen is geworden.

Kende men de gedaante der lijn, dan kon ook aangegeven worden op welke hoogte boven de abscis-as zij zou moeten getrokken worden. De gemiddelde druk langs de theoretische isotherme en langs die der ervaring moet weder even groot zijn. Dacht men zich een enkelvoudige stof met dezelfde waarde voor a en b als die het homogene mengsel bezit, dan zou de isotherme der ervaring een rechte lijn zijn, die ook aan dezelfde eigenschap voldoet. De kromme lijn, die het mengsel, zoolang het niet gelijkmatig de ruimte vult, vertoont, zal dus aan den *rechterkant* de isotherme lager moeten snijden, dan bij een homogene stof de rechte lijn doen zou. Maar aan den linkerkant veel hooger.

Uit dit alles volgen deze eigenschappen voor de gereduceerde grenslijn van een mengsel, vergeleken met de normale. De rechtertak gelijkt veel op de normale lijn; alleen voor gelijke waarde van m is ε kleiner.

Dit zal echter voornamelijk bij den top het geval moeten zijn. Op grooteren afstand zal het zich in de meeste gevallen weinig doen gevoelen. Bij het kritisch punt, het toppunt der normale lijn, zullen de beide lijnen een punt gemeen hebben; maar van daar uit begint de gewijzigde in plaats van te dalen te stijgen, of, wil men algemeener spreken, minder snel te dalen dan de normale lijn.

In de gevallen, die in § 22 zijn medegedeeld, ziet men zelfs een sterke stijging.

§ 24. De vraag of die stijging met steeds afnemende temperatuur zal volhouden, is niet van belang ontbloot. Het schijnt mij hoogst waarschijnlijk toe, dat die stijging slechts voorbijgaande is, en dat er een temperatuur zal zijn aan te geven, waarbij de druk, die weder homogeniteit geeft, een maximum is. Dit komt beter overeen met het denkbeeld van een *wijziging* in de gedaante der normale lijn.

Tot hiertoe is het mij niet gelukt proefondervindelijk dat maximum aan te toonen. In de gevallen, die ik in § 22 heb medegedeeld, zou een zeer lage temperatuur daarvoor noodig zijn. Daarom is het wenschelijk, liever een ander mengsel te kiezen met een hoogere kritische temperatuur, opdat de gewone tem-

peratuur een lagere gereduceerde temperatuur zij. Daarom onderwierp ik aan grooten druk een zekere hoeveelheid water en aether.

Maar ofschoon de meniscus in het scheidingsvlak verdween en door een plat vlak werd vervangen, kon zelfs bij 300 atmosfeer nog duidelijk de grens tusschen de twee vloeistoffen worden waargenomen.

Toch heeft deze proef het mij waarschijnlijk gemaakt, dat voor water en aether de gewone temperatuur reeds op het weder dalende gedeelte van den tak ligt. Bij eenigszins plotselijke verwarming toch werd het water troebel, welke troebeling weder door toeneming van den druk verdween.

Dit troebel worden werd natuurlijk door uitscheiding van aether veroorzaakt. Bij hoogere temperatuur blijkt dus het homogeen mengen een meerderen druk te eischen. Trouwens, de gewone verschijnselen, die bekend staan onder den naam van oplossing van gassen, leeren dat hoogere temperatuur ook hoogeren druk vereischt.

Ook bij mengsels dus is een grenslijn aan te geven, die eerst bij volumes, kleiner dan het kritisch volume, zeer hoog boven de abscis-as verheven is, maar toch bij zeer lage temperaturen waarschijnlijk weder de abscis-as nadert en bereikt, waaruit dan deze stelling zou voortvloeien:

Alle stoffen kunnen zich met elkander mengen, mits de druk een zekere waarde te boven ga.

Om het proefondervindelijk bewijs dezer stelling te leveren, zal men óf veel hooger drukkingen, óf veel lager temperaturen moeten aanwenden. Natuurlijk dat in vele gevallen dan het vast worden van de stof wijzigend en hinderend kan optreden. Of anders zal men mengsels moeten zoeken, waarbij de druk bij gewone temperaturen niet zulk een hooge waarde heeft.

Dit zal dan een mengsel moeten zijn, waarbij bij gewone drukking reeds neiging tot mengen aanwezig is.

Zulke stoffen meen ik gevonden te hebben in mengsels van alcohol, aether en water, ofschoon ik tot dusverre verhinderd ben de proef te nemen. Lost men n. l. een zekere hoeveelheid aether in alcohol op, dan kan toevoeging van water zoo gekozen worden, dat óf homogene menging, óf afscheiding in twee lagen plaats heeft. Is de grens bereikt, dan doet een enkele druppel water een groote massa zich uitscheiden. Maar een enkele druppel alcohol geeft weder menging.

§ 25. De eigenschap der gewijzigde grenslijn, in § 23 genoemd, dat voor den tak, die het begin der condensatie aangeeft, vooral in de nabijheid van den top, voor gegeven waarde van m de waarde van ε kleiner wordt gevonden dan dit bij de normale grenslijn het geval zou zijn, kan proefondervindelijk door de volgende getallen getoetst worden.

Bij het mengsel van 7 volume CO_2 en 3 volume ClH werd gevonden de volgende reeks van drukkingen :

$t_1 = 31^0,6$	$p_1 = 90$
$t = 31^0$	$p = 82$
27^0	75
$23^0,6$	69
19^0	$63^1/_2$
$16^0,2$	$58^1/_2$
$13^0,2$	$54^1/_2$
$10^0,6$	$51^1/_2$
$8^0,5$	48
0^0	39

of :

ε	m
1	1
0,91	0,998
0,83	0,985
0,77	0,975
0,70	0,956
0,65	0,949
0,60	0,939
0,57	0,931
0,53	0,924
0,43	0,897

Uit deze getallen blijkt, als men ze met die van § 9 vergelijkt, dat werkelijk in de nabijheid van den top ε veel kleiner is. Maar aan den anderen kant ziet men reeds bij $\varepsilon = 0,6$ een meerdere overeenstemming, zoodat de verschillen van daar af onbeteekenend zijn.

Amsterdam, Augustus 1880.

NASCHRIFT.

§ 1. In „de WIEDEMANN'sche Annalen (1880, N°. 9)" wordt door U. DÜHRING een vroeger gegeven wet verdedigd, die een betrekking geeft tusschen de temperaturen, waarbij de verschillende dampen een gelijke spanning vertoonen. Dat een dergelijke wet geen rationeele beteekenis kan hebben, doordat geen rekening gehouden is met het in het algemeen ongelijk zijn van den kritischen druk, zal na het voorgaande wel geen betoog behoeven. Deze wet van DÜHRING zou echter geheel in de hier ontwikkelde overgaan, als men voor *gelijken* druk in de plaats stelde wat ik *gelijke gereduceerde drukking* genoemd heb. Immers, bij gelijke gereduceerde drukking bestaat er tusschen de temperaturen t_1 en t_2 een lineaire betrekking van den vorm:

$$\frac{1 + \alpha t_1}{T_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{T_2}$$

of van den vorm:

$$t_1 = r + q t_2$$

welke DÜHRING geeft.

In het geval, dat twee stoffen een gelijken kritischen druk zouden hebben, is er identiteit tusschen de wet van DÜHRING en de door mij gegeven wet. Zulk een geval hebben wij, ten minste nagenoeg, bij koolzuur en stikstofoxydule. Daar de absolute kritische temperatuur van koolzuur is 303°,9 en die van stikstofoxydule 309°,4, wordt de lineaire betrekking, als t_1 de temperatuur van koolzuur en t_2 die voor N_2O voorstelt:

$$273 + t_2 = 1{,}0181\,(273 + t_1$$

of:

$$t_2 - t_1 = 4°{,}9 + 0{,}0181\ t_1.$$

Eerst wanneer t_1 veel van 0^0 zou verschillen, zal $0{,}0181\, t_1$ in aanmerking kunnen komen; en wij vinden dus, dat er bij deze twee stoffen nagenoeg een verschil van 4 à 5 graden zal bestaan tusschen de temperaturen, waarbij zij gelijke spanning hebben.

De onderzoekingen van FARADAY leveren bijv.:

p	t_1	t_2
73	+ 30,9	+ 36,4
30,7	— 6,7	— 1,6
26,8	— 12,2	— 6,7
19,4	— 23,3	— 17,9
5,3	— 56,7	— 51,5
2,8	— 67,8	— 64,3.

Bij nog lagere temperatuur zou, als wij daar nog volkomen op de waarnemingen konden staat maken, de wet niet meer doorgaan.

Dat de wet van DÜHRING, blijkens de vele overeenstemmingen, ook beteekenis zal hebben voor ten minste een gedeelte der grenslijn, laat zich verwachten. Maar dan is dit een gevolg van eigenschappen der betrekking tusschen p en t voor een enkele stof. Een dergelijke betrekking neemt DÜHRING dan ook aan. Deze betrekking zal echter niet tot den top der grenslijn geldig zijn; ten minste zij is slechts voor andere gedeelten der lijn beproefd.

§ 2. Ofschoon ik in het algemeen weinig waarde moet toekennen aan empirische formules, heb ik, met het oogmerk om de hiervoren gegeven regels nog scherper te toetsen, een empirische formule gezocht voor de betrekking:

$$\varepsilon = \varphi\ (m).$$

Ik heb die gevonden in:

$$-\log.\varepsilon = f\,\frac{1-m}{m^2}.$$

In deze formule is f een constante. Uit de waarnemingen van REGNAULT voor aether en uit die van SAJOTSCHEWSKY, heb ik de waarde dezer constante

berekend. Ik heb weder $p_1 = 36{,}9$ en $T_1 = 463$ als volkomen zuiver aangenomen, en vind dan voor f:

	Regnault.	
$t = -20^0$	$f = 3{,}154$	
-10	3,147	
0	3,14	
10	3,13	
20	3,12	
30	3,13	
40	3,11	
50	3,10	
60	3,10	
70	3,10	
80	3,10	
90	3,11	
100	3,12	
110	3,13	
120	3,15	Sajotschewsky.
130		$= 3{,}13$
140		3,11
150		3,13
160		3,14
170		3,08
180		2,84

Alleen de waarde 2,84 geeft een merkbaar verschil. Maar men bedenke, dat als T_1 niet volkomen scherp bekend is, dat van zeer grooten invloed zal moeten zijn bij temperaturen dicht bij T_1. Men behoeft dan ook voor $p = 31{,}9$, slechts $p = 31{,}5$ in de plaats te stellen, als de druk van aetherdamp bij 180^0, om voor de constante weder 3,1 te vinden.

Zet men voor ε en m de waarde $\frac{p}{p_1}$ en $\frac{T}{T_1}$ in de plaats, dan moet de algemeene formule der dampspanning voor stoffen, waarbij geen bijzondere omstandigheden, als dissociatie enz., plaats grijpen, de volgende zijn:

$$- \log. \frac{p}{p_1} = f \frac{T_1 - T}{T}$$

In deze formule moet, als de hiervoor gegeven regels volkomen juist zijn, f voor alle stoffen dezelfde waarde hebben.

In hoever dit door de ervaring bevestigd wordt, zal ik doen zien door op minder rechtstreeksche wijze f te berekenen. Later hoop ik den tijd te vinden tot een rechtstreeksche berekening.

Uit de formule:

$$- \log. \frac{p}{p_1} = f \frac{T_1 - T}{T}$$

volgt:

$$\frac{d\,p}{d\,T} = f \; Nep. \; log. \; 10 \times \frac{p\,T_1}{T_2}$$

En daar $\frac{d\,p}{d\,T} = \frac{r}{A\,T\,u}$ is, volgt ook:

$$\frac{A\,p\,u}{r} = \frac{1}{f \; Nep. \; log. \; 10} \; \frac{T}{T_1} \; (*)$$

Nu zijn voor verschillende stoffen de waarde van $\frac{A\,p\,u}{r}$ in de tabellen van ZEUNER gegeven. Neemt men die waarde voor $\frac{A\,p\,u}{r}$ als juist aan, dan heeft men een vergelijking ter berekening van f. Voor aetherdamp heb ik de waarde bijna overal iets grooter gevonden dan volgens de vorige opgave moest zijn. Maar het verschil blijft toch altijd gering.

(*) Deze vergelijking leert, dat de verhouding tusschen den uitwendigen arbeid en de latende warmte bij dampen alleen afhangt van het gedeelte, dat de absolute temperatuur bedraagt van de absolute kritische temperatuur. De hoogste waarde bereikt deze verhouding bij de kritische temperatuur zelve. Dan is zij ongeveer $^1/_7$.

Bij deze temperatuur zijn r en u beiden nul. Maar de verhouding is een bepaalde, voor alle dampen even groote, waarde. Tegelijkertijd blijkt, daar $\frac{r}{A\,p\,u} = \frac{T}{p}\frac{dp}{dT}$ is, dat bij de kritische temperatuur *niet*, zooals men licht meenen zou, $\frac{dp}{dT} = 0$, is. Denkt men dus het thermodynamisch oppervlak, en daarop de kromme geteekend, die voor de verzadigde dampen geldt, dan is $p = \varphi(T)$ de projectie dezer kromme op het p, T vlak. Deze projectie heeft dan een parasitisch gedeelte: een omstandigheid, die in de beschrijvende meetkunde veelvuldig voorkomt.

Past men nu ook voor andere stoffen deze formule toe, dan vindt men o. a.:

Water ($T_1 = 663$ aangenomen).

0^0 $\quad f = 3{,}4$

100^0 $\quad f = 3{,}1$

200^0 $\quad f = 3{,}0$

Aceton.

0^0 $\quad f = 3{,}8$

140^0 $\quad f = 3{,}0$

Chloroform.

0^0 $\quad f = 3{,}3$

160^0 $\quad f = 2{,}7$

Koolzuur.

0^0 $\quad f = 2{,}9$

Neemt men $f = 3$ aan, dan vindt men voor kwikzilver $T_1 = 1015^0$, een waarde zeer dicht bij die, welke ik voor kwik berekend had op de wijze van § 11.

Ook de constanten, voorkomende in de empirische formule van MAGNUS voor waterdamp en van SAJOTSCHEWSKY voor aetherdamp, zijn een bevestiging voor de bewering, dat de waarde van f, ten minste bij benadering, voor alle stoffen even groot is.

Die formules hebben de volgende gedaante:

$$log.\ \frac{p}{p_0} = \frac{c\,t}{q + t}\ .$$

Uit het vorige is licht af te leiden, dat de constante c nagenoeg de waarde moet hebben van $f\,\frac{T_1}{273}$.

Nu is voor waterdamp volgens MAGNUS $c = 7{,}4475$ en voor aetherdamp volgens SAJOTSCHEWSKY $c = 5{,}1964$.

Hieruit volgt:

$$f = \frac{273}{663} \times 7{,}4475$$

en

$$f = \frac{273}{463} \times 5{,}1964;\ \text{of}\ f = 3{,}06\ \text{en}\ f = 3{,}065.$$

Ook voor de waarnemingen van SAJOTSCHEWSKY over benzol heb ik de waarde van f berekend en hiervoor 2,94 gevonden.

In de volgende tabel staan de door de formule:

$$-\log.\frac{p}{49,5} = 2,94\,\frac{280,6 - T}{T}$$

berekende waarden naast die door SAJOTSCHEWSKY opgegeven.

	Berekend.	Gevonden.	Verschil.
$t = 270$	$p = 43,37$	43,30	+ 0,07
$t = 260$	38,28	38,25	+ 0,03
250	33,35	33,65	— 0,30
240	28,92	29,12	— 0,20
230	25,06	24,98	+ 0,08
220	21,54	21,35	+ 0,19
210	18,43	18,10	+ 0,33
200	15,62	15,34	+ 0,28
190	13,16	13,04	+ 0,12
180	11,01	11,02	— 0,01
Kookpunt . 80	0,953	1,—	— 0,047.

Bij SO_2 is f berekend uit de spanning bij 50° gelijk aan 2,98. Uit de waarneming bij 100° volgt $f = 3,04$.

Voor chlooraethyl levert het kookpunt (13°,5) een waarde $f = 2,92$.

Voor chloroform met 60° als kookpunt $f = 2,91$.

Mijn doel is natuurlijk niet geweest om deze empirische formules te geven, maar om op de meest verschillende wijzen te doen zien, dat de vroeger gegeven regels voor de verzadigde dampen voor tal van stoffen of geheel of bijna geheel juist gelden. Zijn er dan afwijkingen van deze regels, zooals bij CS_2 * o. a. het geval is, dan wordt dus het doel van het onderzoek „de oorzaken na te „sporen, waarom enkele stoffen van de gegeven regels afwijken."

Een oorzaak van afwijking zou misschien kunnen gevonden worden in de onderstelling, die vrij algemeen is, dat bij vloeistoffen een zeker aantal molekulen ten minste tijdelijk samenvallen. Dit feit behoort echter tot het gebied der dis-

* Bij den top der grenslijn voor CS_2 wordt f weder gelijk 3 gevonden. Eerst bij lagere temperaturen daalt de waarde tot 2,67.

sociatie. Ook door CLAUSIUS wordt deze onderstelling aangekleefd, en het is juist op grond daarvan, dat CLAUSIUS de hierboven herinnerde wijziging in de gedaante der isotherme heeft aangebracht. Had die oorzaak echter deze wijziging der isotherme ten gevolge, dan zouden, zooals hierboven bleek, de gevonden regels toch streng moeten gelden. Nu is echter door CLAUSIUS niet aangetoond, waarom dat mogelijk samenvallen van molekulen een dusdanige wijziging zou teweeg brengen. En de *mogelijkheid* zou dus altijd blijven bestaan, dat de afwijkingen, die hier en daar voorkomen, werkelijk toe te schrijven zijn aan het feit, dat niet alle molekulen van de stof volkomen aan elkander gelijk zijn. Een stof toch, waarbij enkele molekulen zich vereenigd hebben, moet als een mengsel beschouwd worden. Dan echter hebben de wetten der mengsels aangetoond, dat de spanning een functie van het volume is. Daar die bijzonderheid echter bij stoffen als CS_2 niet is waargenomen, verliest de onderstelling, dat de afwijkingen toe te schrijven zijn aan tijdelijk samenvallen van molekulen veel van haar waarschijnlijkheid. Dat de oorzaak te zoeken is in wijziging van de grootte van het molekuul komt mij waarschijnlijker voor.

September 1880.

OVER DE

COËFFICIËNTEN VAN UITZETTING EN VAN SAMENDRUKKING

IN OVEREENSTEMMENDE TOESTANDEN DER VERSCHILLENDE VLOEISTOFFEN.

DOOR

J. D. VAN DER WAALS.

§ 1. In een der Akademie in hare vergadering van September jl. medegedeeld onderzoek, was ik o. a. tot de volgende voorstelling gekomen omtrent het gedrag der verschillende stoffen, dat — als men voor eenheid van volume het kritisch volume neemt, voor eenheid van druk den kritischen druk en voor eenheid van temperatuur de absolute kritische temperatuur — de isothermische lijnen van gelijken rang elkander volkomen bedekken. Ik zal nu eenige gevolgtrekkingen uit die voorstelling maken omtrent de waarde der coëfficiënten van uitzetting en van samendrukking voor de verschillende stoffen, in het bijzonder in den vloeistof-toestand.

Vooraf nog enkele opmerkingen tot nadere toelichting van de verkregen voorstelling.

Denkt men zich drie assen loodrecht op elkander, waar langs volume, druk en temperatuur worden gemeten, dan verkrijgt men een thermodynamisch oppervlak, dat dan ook voor alle stoffen gelijk moet zijn.

Had men de drie coördinaten echter, met de gewone eenheden gemeten, uitgezet, dan zou elke stof een ander thermodynamisch oppervlak geleverd hebben. Die oppervlakken vormen dan een groep, waarbij het geometrisch begrip van „affiniteit" vervuld is. De meetkunstige eigenschappen, die bij dergelijke groepen van oppervlakken gelden, kunnen nu dienen om overeenkomstige betrekkingen

te vinden voor de verschillende eigenschappen der stoffen, die van p, v of T afhangen. Voor elk punt op het eene oppervlak is een correspondeerend punt op het tweede oppervlak aan te wijzen, en daardoor worden telkens overeenstemmende toestanden der twee stoffen bepaald.

§ 2. Denkt men zich een doorsnede loodrecht op de P as, dan heeft men de betrekking tusschen v en T, zooals die bij den druk p is, en brengt men op correspondeerenden afstand een dergelijk vlak door het oppervlak der tweede stof, dan wordt door de doorsnede de betrekking tusschen v en T voor die stof aangegeven onder overeenstemmenden druk. Aan een paar oneindig dicht bij elkander liggende punten der eerste doorsnede, beantwoorden een paar eveneens oneindig dicht bij elkander liggende punten op de tweede doorsnede. Door deze beschouwing is het gemakkelijk de betrekking te vinden, die tusschen de waarden van $\frac{1}{v} \lim \frac{\Delta v}{\Delta T}$ voor beide stoffen in zulken overeenstemmenden toestand moet bestaan. Deze waarden dragen den naam van „uitzettings-coëfficiënt, bij gegeven T en onder gegeven druk". Daar $\frac{\Delta v}{v}$ voor beide stoffen even groot is, zal dus de waarde dezer uitzettings-coëfficiënten omgekeerd evenredig zijn met de waarden, die ΔT moet hebben om beide stoffen steeds in overeenstemmenden toestand te doen blijven.

De uitzettings-coëfficiënten der verschillende stoffen in overeenstemmende toestanden zijn dus omgekeerd-evenredig met de absolute kritische temperatuur.

Algebraïsch wordt dit aldus aangetoond. Is p_1 de kritische druk, v_1 het kritisch volume en T_1 de kritische temperatuur, en stelt men $p = \varepsilon p_1$, $v = n v_1$ en $T = m T_1$, dan bestaat er een betrekking:

$$n = \varphi\ (\varepsilon,\ m)$$

of

$$\frac{v}{v_1} = \varphi\left(\frac{T}{T_1},\ \frac{p}{p_1}\right)$$

Volgens de verkregen voorstelling is de functie φ voor alle stoffen dezelfde.

Door differentiatie ten opzichte van T, de waarde van p standvastig houdende, vindt men:

$$\frac{1}{v_1}\frac{dv}{dT} = \varphi' \cdot \frac{1}{T_1}$$

en dus ook

$$\frac{1}{v}\frac{dv}{dT} = \frac{\varphi'}{\varphi} \cdot \frac{1}{T_1}$$

Neemt men niet $\frac{1}{v}\,lim\,\frac{\Delta v}{\Delta T}$, maar $\frac{1}{v}\,\frac{\Delta v}{\Delta T}$ zelf, dan noemt men die waarde: gemiddelde coëfficiënt van uitzetting onder den druk p, voor een verwarming van T tot $T + \Delta T$ graden. Ook die gemiddelde coëfficiënt moet dan omgekeerd-evenredig zijn aan T_1, mits de verwarming van beide stoffen zoodanig geregeld worde, dat ook na de verwarming beide stoffen in overeenstemmende toestanden verkeeren.

Men kan dit laatste resultaat ook aldus uitdrukken: „de betrekkelijke ver-„meerdering van volume $\frac{\Delta v}{v}$ is voor alle stoffen even groot, als men ze onder „overeenstemmenden druk verwarmt een aantal graden, dat evenredig is aan T_1, „mits de verwarming beginne bij een aantal graden, dat eveneens evenredig is „aan T_1."

§ 3. Had men doorsneden genomen, loodrecht op de T as, dan zou, op soortgelijke wijze als in de vorige paragraaf, de volgende regel gevonden worden. Noemt men $-\frac{1}{v}\frac{dv}{dp} = \beta$ coëfficiënt van samendrukking, dan zijn *bij overeenstemmende temperaturen en volumes de coëfficiënten van samendrukking omgekeerd-evenredig aan den kritischen druk.* En het zal op gelijke wijze blijken, dat ook de gemiddelde coëfficiënt van samendrukking omgekeerd evenredig is aan den kritischen druk.

Zooals uit mijn vorige mededeeling kan blijken, volgen deze betrekkingen uit de door mij aangegeven gedaante der isothermische lijnen, maar blijft het wiskundig bewijs beperkt tot volumes $> 2\,b$. Daar echter de toen door mij aangegeven betrekkingen, ten minste met hoogen graad van benadering, geldig bleken bij toestanden, waarbij kleinere volumes in het spel komen, heb ik gemeend deze betrekkingen te mogen uitbreiden over een veel grooter beloop der isothermische lijnen. Onder anderen kan de dan geldige regel van KOPP ter bepaling van de molekuul-grootte tot steun voor deze meening strekken. Dan is tegelijkertijd een regel gevonden voor de functie van het volume der molekulen, die de grootheid b (Continuiteit enz. pag. 52) bij volumes der stof beneden $2\,b$ voorstelt. De grootheid b n.l., die bij volumes, die grooter dan 8-maal het molekuul-volume zijn, gelijk is aan 4-maal dit volume, is voor de verschillende stoffen in overeenstemmende toestanden steeds een even groot aantal malen dat volume.

§ 4. Ter verificatie van den regel omtrent den uitzettings-coëfficiënt, kan van nauwkeurige onderzoekingen, o. a. door PIERRE en KOPP gedaan, gebruik worden gemaakt Wel is waar zijn deze metingen niet verricht onder overeenstemmende drukkingen. De druk van een atmosfeer is toch niet voor alle stoffen een gelijke

waarde van ε. Maar daar de uitzettings-coëfficiënt bij drukkingen, die slechts een klein gedeelte van den kritischen druk zijn, in geringe mate van de drukking afhangt, is dit slechts een gering bezwaar. De uitkomsten van genoemde onderzoekers zijn nedergelegd in empirische formules, die het volume tusschen 0^0 en het kookpunt doen vinden uit:

$$v_t = v_0 (1 + at + bt^2 + ct^3).$$

Ter toetsing van den gegeven regel heeft men nu de volgende berekeningen te verrichten. Vooreerst zoekt men een stel van overeenstemmende temperaturen t', t'', t''' enz., door de betrekking:

$$\frac{273 + t'}{T_1} = \frac{273 + t''}{T_2} = \frac{273 + t'''}{T_3} \text{ enz.}$$

Deze substitueert men in $\frac{1}{v} \frac{dv_t}{dT}$, en dan moet blijken, dat:

$$\frac{a + 2bt + 3ct^2}{1 + at + bt^2 + ct^3} \times T_1$$

voor alle stoffen een zelfde waarde oplevert. Het behoeft nauwelijks opgemerkt te worden, dat, wil men grond hebben die gelijkheid te verwachten, de reeks van temperaturen t, t' en t'' enz. moet liggen tusschen de grenzen, waarvoor de empirische formule geldig is.

§ 5. De scherpste wijze van onderzoek, of de uitzettings-coëfficiënten in overeenstemmende toestanden volgens den gegeven regel samenhangen, zal wel de volgende zijn.

Men kan n. l., als de empirische formule gegeven is voor één stof, waarvan de kritische temperatuur bekend is, met behulp van dezen regel berekenen, hoe de empirische formule voor elke andere stof zal zijn, waarvan mede de kritische temperatuur bekend is. De aldus berekende formule kan dan vergeleken worden met die, welke rechtstreeks uit de waarnemingen is afgeleid. Ik heb, om het overzicht gemakkelijk te maken, voor de verschillende stoffen, door PIERRE onderzocht en waarvan de kritische temperatuur bekend is, de door den waarnemer gegeven empirische formules gebezigd, om uit ieder dezer te berekenen, welke formule voor aether zou moeten gevonden zijn.

Aldus zal een gansche reeks van formules berekend zijn, die, in de onderstelling, dat de waarnemingen geheel onberispelijk zijn en door de empirische for-

mules geheel worden wedergegeven, en dat de gegeven betrekking volkomen juist is, aan elkander gelijk zullen moeten wezen en gelijk aan die, welke de waarnemer voor aether heeft opgegeven.

§ 6. De bewerking, die noodig is om uit de gegeven formule voor één stof die voor een andere af te leiden, is de volgende: bijv. die voor aether uit die van chloroform. Men begint met te zoeken, welke temperatuur voor chloroform met 0^0 voor aether overeenstemt, uit de betrekking:

$$\frac{273}{463} = \frac{273 + \theta}{533}$$

(463^0 en 533^0 zijn de kritische absolute temperaturen voor aether en chloroform). Zij nu de voor chloroform gevonden formule:

$$v_t = v_0\,(1 + at + bt^2 + ct^3)$$

dan berekene men:

$$a' = \frac{533}{463}\,\frac{a + 2b\theta + c\theta^2}{1 + a\theta + b\theta^2 + c\theta^3}$$

$$b' = \left(\frac{533}{463}\right)^2 \frac{b + 3c\theta}{1 + a\theta + b\theta^2 + c\theta^3}$$

$$c' = \left(\frac{533}{463}\right)^3 \frac{c}{1 + a\theta + b\theta^2 + c\theta^3}$$

En $V_t = V_0\,(1 + a't + b't^2 + c't^3)$ zal dan de voor aether te berekenen formule moeten voorstellen.

Het bewijs voor deze betrekkingen, ofschoon ze licht van zelf als waar ingezien worden, kan ten overvloede op deze wijze geleverd worden.

Schrijft men:

$$v_t = v_0\,(1 + at + bt^2 + ct^3) = v_0\,(1 + a(\theta + t') + b\,(\theta + t')^2 + c\,(\theta + t')^3)$$

dan zal:

$$v_{t'} = v_0\,\{(1 + a\theta + b\theta^2 + c\theta^3) + (a + 2b\theta + 3c\theta^2)\,t' + (b + 3c\theta)\,t'^2 + ct'^3\}$$

het volume van chloroform voorstellen, als men t' of het aantal graden niet van nul maar van θ^0 begint te tellen.

Deze laatste vorm kan ook aldus geschreven worden:

$$v_{t'} = v_\theta \left\{1 + \frac{a+2b\theta+3c\theta^2}{1+a\theta+b\theta^2+c\theta^3}\, t' + \frac{b+3c\,\theta}{1+a\theta+b\theta^2+c\theta^3}\, t'^2 + \frac{c}{1+a\theta+b\theta^2+c\theta^3}\, t'^3\right\}$$

Daar nu — aangenomen dat de drukkingen, waaronder beide stoffen staan, overeenstemmen, of dat men ze als zoodanig zonder groote fout beschouwen mag — ook V_0 (het volume van aether) en v_θ (het volume van chloroform) overeenstemmend zijn, zullen de volumes V_t (het volume van aether na een verwarming van t^0) en $v_{t'}$ (het volume van chloroform na een verwarming van t' graden boven θ) opnieuw overeenstemmende volumes zijn, als:

$$\frac{t}{463} = \frac{t'}{533}$$

Daaruit volgt:

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{v_{t'}}{v_\theta}$$

voor alle waarden van t, onder de voorwaarde $t' = \frac{533}{463}\, t$, — en daaruit de gegeven waarde voor a', b' en c'. Men heeft dus achter elkander de twee bewerkingen te verrichten, die in de theorie der hoogere-machtsvergelijkingen bekend staan onder den naam van algorithmus van HORNER en het verkleinen der wortels in een gegeven verhouding.

§ 7. De waarnemingen van PIERRE loopen over tal van stoffen (*Ann. de chimie et de physique.* 3me Série T. XV, XIX, XXI, XXXIII), maar van de meeste zijn de kritische temperaturen nog niet bekend. Van alcohol, zwavelkoolstof, aether, chlooraethyl, mierenzuur-aethylaether, azijnzuur-aethylaether, zwaveligzuur en chloroform zijn deze temperaturen door SAJOTSCHEWSKY met zorg bepaald geworden. Alcohol heb ik, evenals bij mijn vorig onderzoek, moeten buitensluiten. Maar voor de overigen heb ik de in § 6 aangegeven berekeningen volbracht.

In de volgende tabel staat naast den naam der stof de uit hare formule berekende formule voor aether:

Zwavelkoolstof.. . . . . $1 + 0{,}001560\,t + 0{,}0000055\,t^2 + 0{,}000000029\,t^3$
Chlooraethyl. . . . . $1 + 0{,}001536\,t + 0{,}0000025\,t^2 + 0{,}000000015\,t^3$
Chloroform . . . . . $1 + 0{,}001534\,t + 0{,}0000032\,t^2 - 0{,}000000025\,t^3$
Mierenzuur-aethylaether . . $1 + 0{,}001547\,t + 0{,}0000038\,t^2 + 0{,}000000008\,t^3$
Azijnzuur-methylaether. . . $1 + 0{,}001514\,t + 0{,}0000017\,t^2 + 0{,}000000005\,t^3$
Azijnzuur-aethylaether. . . $1 + 0{,}001530 + 0{,}0000037\,t^2 + 0{,}000000002\,t^3$

De door PIERRE gevonden formule is:

Aether . . . . . $1 + 0{,}001513\,t + 0{,}00000236\,t^2 + 0{,}000000040\,t^3$

Deze uitkomsten toonen, zelfs al neemt men de waarnemingen en de daaruit berekende empirische formules als volkomen juist aan, in hoe hooge mate de gegeven regel bevestigd gevonden wordt. Toevallig geven al de andere stoffen een eenigszins hoogere uitzetting te kennen dan de stof, waarvoor de formule berekend is. Had men de herleiding op een andere stof gedaan, dan zou natuurlijk dit verschijnsel zich niet meer hebben voorgedaan.

Uit deze berekende formules volgt, dat als men het product van uitzettingscoëfficiënt en absolute kritische temperatuur genomen had bij temperaturen, die overeenstemmen met 0^0 voor aether, die producten evenredig zouden gevonden worden met:

1560
1536
1534
1547
1514
1530
1513

Alleen SO_2 geeft, met de empirische formule van PIERRE, een vrij groote afwijking. Die stof zou voor dat product 1610 doen vinden. Deze afwijking van SO_2, die bij hooge temperaturen zich nog sterker zou doen gevoelen, is te meer te verwonderen, daar deze stof zich, ten opzichte van de wet der dampspanning (zie mijn vorige mededeeling) regelmatig gedraagt — ook tot temperaturen, waarvoor PIERRE de uitzetting onderzocht heeft. Zoo eischt bijv. de formule:

$$-\log.\frac{p}{p_1} = f\,\frac{1-m}{m}$$

voor het kookpunt bij -8^0 een waarde voor $f = 3{,}06$, — gelijk aan die voor aether. Nu heeft het onderzoek van PIERRE bij SO_2 slechts omvat een temperatuur-interval van $16^0{,}38$; en ter bepaling van de drie coëfficiënten a, b en c heeft hij eigenlijk slechts van 4 waarnemingen gebruik kunnen maken. Trouwens, de waarnemer zelf spreekt van de gegeven formule met eenigen twijfel, en erkent, dat de waarnemingen niet even streng nauwkeurig kunnen zijn als bij de andere stoffen het geval is.

Ik meen dus dat deze uitzetting van SO_2, die van $-20^0{,}4$ tot $-9^0{,}5$ de waarde 0,01942 bedraagt, terwijl de regel 0,01822 zou eischen, als wij die van aether als volkomen juist zouden aanmerken, nog niet zeker genoeg bekend is om tot een zoo groote onnauwkeurigheid van den regel te doen besluiten.

§ 8. Van de waarnemingen van KOPP kon ter onderlinge vergelijking gebruik gemaakt worden van de volgende stoffen: aether, mierenzuur-aethylaether, azijnzuur-aethylaether, benzol, azijnzuur-methylaether en aceton. De volgende formules zijn voor chlooraethyl berekend door de empirische formules der vóór elke formule genoemde stof: *.

Aether	$1 +$	$0{,}001524\,t +$	$0{,}000003956\,t^2 +$	$0{,}000000028\,t^3$
Mierenzuur-aethylaether.	$1 +$	$0{,}001558\,t +$	$0{,}000002554\,t^2 +$	$0{,}000000047\,t^3$
Azijnzuur-aethylaether. .	$1 +$	$0{,}001577\,t +$	$0{,}000004126\,t^2 +$	$0{,}000000016\,t^3$
Benzol.	$1 +$	$0{,}001594\,t +$	$0{,}000â03713\,t^2 +$	$0{,}000000013\,t^3$
Azijnzuur-methylaether .	$1 +$	$0{,}001605\,t +$	$0{,}000004583\,t^2 +$	$0{,}000000004\,t^3$
Aceton	$1 +$	$0{,}001634\,t +$	$0{,}000004310\,t^2 +$	$0{,}000000015\,t^3$

KOPP heeft zelf geen waarnemingen over chlooraethyl medegedeeld. PIERRE vond:

Chlooraethyl.	$1 +$	$0{,}001575\,t +$	$0{,}000002813\,t^2 +$	$0{,}000000016\,t^3$

Deze waarnemingen geven een niet zoo goede overeenstemming als die van PIERRE.

Zoo ziet men in den coëfficiënt van t bij aether, en azijnzuur-methylaether een verschil van $5^1/_2$ pCt. — terwijl de coëfficiënten, berekend volgens de waarnemingen van PIERRE, samenvallen.

De waarnemingen van KOPP en PIERRE, ofschoon in vele opzichten voortref-

---

* Deze formules zijn berekend door den Heer P. C. KAZ, candidaat in de wis- en natuurkunde te Amsterdam, wien ik voor de hulp, mij bij mijn laatste onderzoekingen in velerlei opzichten betoond, gaarne mijn dank betuig.

felijk overeenstemmende, vertoonen dus hier en daar nog wel verschillen, zoodat op het oogenblik de vraag naar den graad van benadering, waarmede de regel geldt, nog niet kan beantwoord worden.

Immers, zoolang nauwgezette waarnemers als KOPP voor den uitzettings-coëfficiënt van een zelfde stof 0,00144 en ook 0,00151 vinden, zooals dit voor aether bij 0° onder anderen het geval is, treft men in de waarnemingen even groote verschillen aan als in de getallen, volgens den gegeven regel berekend.

§ 9. Ofschoon de kritische temperatuur van water niet met zekerheid bekend is (CAGNIARD DE LA TOUR schatte ze op 410°, en in mijn vorig onderzoek besloot ik tot 390°) kan toch onderzocht worden of bij deze stof de regel ten minste ongeveer vervuld is. HIRN heeft n. l. de uitzetting van water onder een druk van 15 atmosferen tot een temperatuur van 200° onderzocht. Neemt men 410°, dan is met 0° bij aether 128° bij water overeenstemmend, en moet een uitzetting van 0°—10° bij aether even groot zijn met een uitzetting per eenheid van volume bij water van 128°—142°,75. Klimt men zoo met 10° graden bij aether op, dan moet men bij water met 14°,75 opklimmen. Men vindt dan uit de waarnemingen van PIERRE en HIRN:

Aether.		Water.	
0°—10°	0,01541	128°—142°,75	0,01407
10°—20°	0,01613	142°,75—157°,5	0,01520
20°—30°	0,01707	157°,5 —172°,25	0,01736

Vallen deze getallen al niet volkomen samen, de gemiddelde tusschen 0° en 35° voor aether en 128° en 180° voor water geven genoegzame overeenstemming om als bevestiging van den regel te kunnen dienen. Had men 390° als kritische temperatuur van water aangenomen, dan waren alle getallen voor water iets lager geworden, maar niet veel.

§ 10. Een verificatie van den regel omtrent den coëfficiënt van samendrukking is, wegens gebrek aan empirische gegevens, vooralsnog niet mogelijk. Er zijn wel voor 3 stoffen, waarvan de kritische temperatuur bekend of nagenoeg bekend is, nauwkeurige waarnemingen gedaan; maar niet bij overeenstemmende temperaturen en bij overeenstemmenden druk. Dat deze coëfficiënt sterk van de temperatuur afhangt, is genoegzaam bewezen.

Daar de kritische druk van chloroform ongeveer $1^1/_2$ dien van aether is, eischt de regel, dat de coëfficiënt van samendrukking van chloroform $^2/_3$ bedraagt van dien van aether. Nu is β_0 bij aether gelijk aan 0,000111; dan moet β_{41} bij chloroform gelijk zijn aan 0,000074. De proeven van GRASSI gaven bij deze stof $\beta_{35} = 0{,}0000625$, en $\beta_{125} = 0{,}0000648$.

Daar de kritische druk van CS_2 tweemaal dien van aether bedraagt, eischt de regel dat β_{48} bij CS_2 de helft bedrage van β_0 bij aether, en dus de waarde hebbe van 0,000056. De proeven van AMAURY en DESCAMPS gaven β_{14} bij CS_2 gelijk aan 0,000063.

§ 11. Het bovenstaande onderzoek betrof de veranderingen, die de grootheid v, in overeenstemmende toestanden der stoffen genomen, ondergaat bij veranderingen van t en p. Nu blijft over het onderzoek, in hoever v zelf voor alle stoffen een even groot gedeelte van het kritisch volume gevonden wordt.

Wij vinden volgens onze theorie het kritisch volume, door het volume, dat de stof in gastoestand bij 0° en 760 m.M inneemt, met $3b$ te vermenigvuldigen. Daar b gelijk aan $4b_1$ is, als b_1 het volume der molekulen voorstelt (continuiteit, enz. p. 52), zal dus $\frac{b}{4}$-maal het genoemde gasvolume de ruimte voorstellen, die de stof werkelijk inneemt. Nu eischt onze theorie dan, dat, als wij de volumes in overeenstemmende toestanden der stof nemen, deze een even groot aantal malen het op aangegeven wijze berekende molekulair-volume bedragen. Zoo vinden wij het gasvolume van 1 kilogram aether bij 0° en 760 m.M gelijk aan 302 liter, en daaruit (met behulp van de uit SAJOTSCHEWSKY's proeven berekende waarde van $b = 0{,}00575$) een grootte van 0,4341 liter voor het volume der molekulen. Daar het schijnbaar vloeistof-volume bij 0° en 760 m.M gelijk aan 1,396 liter is *, blijkt dus het schijnbare volume 3,25-maal zoo groot te zijn, als dat wat door de stof wordt ingenomen.

Doet men nu de berekeningen voor andere stoffen, dan moet men in acht nemen, dat de regel eischt het schijnbaar volume bij overeenstemmende t en p.

Dan vindt men voor de waarde van den factor:

Aether	3,25
Water	3,26
CS_2	3,42
Benzol	3,25
Aceton	3,46
Chloroform	3,35
Chlooraethyl	3,15
Azijnzuur-aethylaether	3,28
Mierenzuur-aethylaether	3,10
SO_2	3,11

* Dit getal beantwoordt aan een densiteit gelijk 0,716. Men vindt echter ook 0,715 en zelfs 0,736.

Daar ter berekening dezer getallen noodig is de kennis van de kritische temperatuur, van den kritischen druk, het molekulair-gewicht, de densiteit der vloeistof bij 0°, den uitzettings-coëfficiënt en strikt genomen ook van den coëfficiënt van samendrukking, moet de overeenstemming bevredigend genoemd worden.

Daarenboven moet in het oog gehouden worden, dat de theorie onderstelt, dat de molekulen tot op de hoogste graden van verdichting op zich zelven blijven; dat dus vereeniging tot meer saamgestelde groepen van atomen in het geheel niet plaats grijpt. Ofschoon dit a priori niet zeker was, moest dit eenvoudigheidshalve worden aangenomen en de uitkomst, in die onderstelling verkregen, met de ervaring worden vergeleken.

Nu blijkt de overeenstemming zoo groot te zijn, dat wij het recht hebben tot het besluit, dat als dergelijke meer saamgestelde molekulen werkelijk in vloeistoffen bestaan, dit slechts voor een zeer klein gedeelte het geval zal wezen. Dat er echter stoffen zijn, waarbij dit in meerdere mate het geval zal wezen, is uit de theorie der dissociatie waarschijnlijk.

Had men de waarde van den factor overal juist even groot gevonden, dan had men uit de kritische gegevens een eenvoudigen regel ter berekening van de dichtheid eener vloeistof, bij een temperatuur die met 0° bij aether overeenstemt. Nu wij den factor eenigszins verschillend vonden, zullen wij die dichtheid slechts bij benadering kunnen vinden. Met de waarde 3,25 voor den factor, berekent men de densiteit van diaethylamin ($p_1 = 38{,}7$ en $T_1 = 493°$) ongeveer gelijk aan die van aether. Een proefondervindelijke bepaling heb ik nergens kunnen vinden.

Amsterdam, November 1880.

3150 4

Q
57
A49
dl.20

Akademie van Wetenschappen, Amsterdam. Afdeeling voor de Wis- ne Natuurkundige Wetenschappen
Verhandelingen

Physical &
Applied Sci.
Serials

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

STORAGE